J. C. Brunnow.
1922

Die Grundlagen unserer Ernährung

und unseres Stoffwechsels

Von

Emil Abderhalden

Dritte, erweiterte und umgearbeitete Auflage

Verlag von Julius Springer in Berlin
1919

22900365031

Med
K11021

Die Grundlagen unserer Ernährung

und unseres Stoffwechsels

Von

Emil Abderhalden

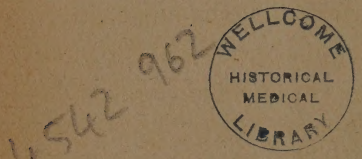
o. ö. Professor der Physiologie an der Universität Halle a. d. Saale

Mit 11 Textfiguren

Dritte, erweiterte und umgearbeitete Auflage

Berlin
Verlag von Julius Springer
1919

Alle Rechte vorbehalten.
Schwedische Übersetzung erschienen.
Copyright 1919 by Julius Springer in Berlin.



WELLCOME INSTITUTE LIBRARY
Coll. welMOmec
Call No. QV

Vorwort.

Dem Wunsche der Teilnehmer am ersten Kurse über die Grundlagen unserer Ernährung unter besonderer Berücksichtigung der Jetztzeit, der am 11., 12. und 13. April 1917 im physiologischen Institute der Universität Halle stattgefunden hat, folgend, gebe ich einen Überblick über die wichtigsten Tatsachen der Forschung über unsere Ernährung. Er kann selbstverständlich das Studium eingehenderer Werke nicht entbehrlich machen. Die hier gegebene Darstellung soll vor allem Interesse für das so außerordentlich wichtige Gebiet des Stoffwechsels und seiner Befriedigung wecken und dazu anregen, Werke zu studieren, welche die einzelnen Fragen an Hand der Einzelergebnisse der Forschung wiedergeben.

Es ist dringend notwendig, daß in breite Volksschichten größere Kenntnisse über unsere Ernährung verbreitet werden. Es gilt dies nicht nur für die Jetztzeit, sondern auch für die Zukunft.

Derjenige, der sich weiter in Fragen der Ernährung vertiefen will, sei auf die Lehrbücher der Physiologie verwiesen. Eine eingehende Darstellung der Stoffwechselfragen findet sich z. B. im Lehrbuch der

physiologischen Chemie, 3. Auflage, Band 2, von Emil Abderhalden (Verlag: Urban und Schwarzenberg, Berlin und Wien). Spezielle Probleme sind in den kleinen Werken des gleichen Verfassers: Neuere Anschauungen über den Bau und den Stoffwechsel der Zelle, 2. Auflage (Verlag: Julius Springer, Berlin), Synthese der Zellbausteine in Pflanze und Tier (Verlag: Julius Springer, Berlin) und Die Bedeutung der Verdauung für den Zellstoffwechsel (Verlag: Urban und Schwarzenberg, Berlin) behandelt. Sehr empfehlenswert sind ferner: J. König, Nährwerttafel. Gehalt der Nahrungsmittel an ausnutzbaren Nährstoffen, ihr Kalorienwert und Nährgeldwert, sowie der Nährstoffbedarf des Menschen. Verlag: Julius Springer, Berlin. — K. Thomas, Nahrung und Ernährung. Verlag: B. G. Teubner, Leipzig und Berlin. Beide Werke enthalten Übersichten über die Zusammensetzung der wichtigsten Nahrungsmittel und ihrenNährwert. Wer noch weiter in die ganze Forschung eindringen will, findet in dem zuerst genannten, großen Werke zahlreiche Literaturhinweise.

Wenn das vorliegende kleine Büchlein Interesse für das Forschungsgebiet Ernährung zu wecken vermag, dann ist seine wesentlichste Aufgabe erfüllt.

Halle a. S., 20. April 1917.

Emil Abderhalden.

Vorwort zur 3. Auflage.

Die beiden ersten Auflagen der Grundlagen der Ernährung waren echte Kriegskinder. Es galt, Aufklärung über die Fundamente der ganzen Ernährungslehre zu verbreiten. Obwohl die Ernährung des deutschen Volkes voraussichtlich noch längere Zeit hindurch unter dem Zwang der Verhältnisse in bestimmte Bahnen — qualitativ und quantitativ — gewiesen sein wird, so ist doch bei der Bearbeitung der neuen Auflage nicht mehr direkt Bezug auf die besonderenErnährungsbedingungen der Jetztzeit genommen worden. Vielmehr ist das Büchlein zu einer kleinen Einführung in die Ernährungs- und Stoffwechsellehre erweitert worden. Dabei ist nicht beabsichtigt worden, ein Werk zu verfassen, das alle anderen ersetzen soll. Man kann die Ernährung und den Stoffwechsel von recht verschiedenen Gesichtspunkten aus betrachten. Wer z. B. wissen will, wie er sich im einzelnen Falle zu ernähren hat, wird das kleine Buch schwer enttäuscht beiseite legen. Die Grundlagen der Ernährung sollen den Leser zum Nachdenken anregen. Sie sollen in ihm das Bedürfnis wecken, mehr zu erfahren. Erreichen die „Grundlagen“ den

beabsichtigten Zweck, Interesse für das behandelte Forschungsgebiet zu wecken, dann ist der Verfasser vollständig befriedigt.

Halle a. S., im Januar 1919.

Emil Abderhalden.

Inhaltsverzeichnis.

Seite

Vorwort zur ersten Auflage III
Vorwort zur dritten Auflage V
Einleitung 1
Unsere Nahrungsstoffe 14
I. Die organischen Nahrungsstoffe 14
II. Die anorganischen Nahrungsstoffe 30
Gibt es außer den genannten Nahrungsstoffen noch welche, die unserer Kenntnis bisher entgangen sind? 35
Woher stammen unsere Nahrungsstoffe 40
Was geschieht mit den Bestandteilen unserer Nahrung, bevor sie von den Zellen der Darmwand aufgenommen und damit in unseren Körper übergeführt werden? 50
Sind wir nach dem Bau unseres gesamten Verdauungkanales für reine Pflanzennahrung oder für Fleischnahrung oder für ein Gemisch beider bestimmt? 63
Stehen die Verdauungssäfte stets zur Verfügung, oder ist ihre Abgabe an bestimmte Bedingungen geknüpft? 67
Was geschieht mit den vom Körper aufgenommenen Nahrungsstoffen? Zu welchen Zwecken verwendet er sie? . 72
Welche Mengen der zur Ernährung notwendigen Nahrungsstoffe bedürfen wir? 85
Die wichtigsten Methoden zur quantitativen Verfolgung des Stoffwechsels 86
Die Frage des Eiweißbedarfes 100
Die Ausnutzung der verschiedenen Nahrungsmittel im Darmkanal 113
Berechnung des Energieinhaltes bestimmter Nahrungsmittel auf Grundlage ihres Gehaltes an den einzelnen organischen Nahrungsstoffen 118

Seite

Die unter verschiedenen Bedingungen zur Vollführung der Leistungen des Organismus notwendigen Energiemengen . 124
Berechnung der für eine bestimmte Arbeitsleistung notwendigen Energie 128
Berechnung des Energiewertes der Nahrung bei frei gewählter Kost 134
Über welche Mittel verfügt unser Organismus, um seine Körpertemperatur in ganz engen Grenzen konstant zu erhalten? 137
Die Frage der Ersetzbarkeit eines Nahrungsstoffes durch einen anderen 140
Bedarf es einer besonderen Zufuhr von Mineralstoffen (Salzen) und anderen Nahrungsstoffen? 142
Der Stoffwechsel des wachsenden Organismus 146
Antwort auf einige praktische Fragen 153

Einleitung.

Die Einheit der ganzen Organismenwelt bildet die Zelle. Wir kennen zahlreiche lebende Wesen, die aus nur einer einzigen Zelle bestehen. Bei anderen sind mehr oder weniger Zellen zu einem Organismus vereinigt. Auch diese aus mehreren Zellen zusammengesetzten Wesen sind ursprünglich aus einer einzigen Zelle hervorgegangen. Diese hat sich geteilt und die gebildeten Teilstücke waren wiederum der Ausgangspunkt von je einer weiteren Zelle, bis schließlich der ganze kompliziert gebaute Organismus entstanden war. Auch unser Körper ist aus einer einzigen Eizelle nach erfolgter Befruchtung durch einen winzigen Samenfaden entstanden.

Das einzellige Lebewesen — dazu gehören z. B. die Bakterien — gibt uns schon ungezählte Rätsel auf. Manche dieser Einzelzellen können sich bewegen, indem sie von der Grundsubstanz aus — dem sogenannten Protoplasma der Zelle — Ausläufer aussenden (Pseudopodien, amöboide Bewegungen). Andere Zellarten besitzen feine Flimmerhärchen, mit deren Hilfe sie sich außerordentlich schnell und gewandt in Flüssigkeiten davon

bewegen. Wieder andere verfügen über im Verhältnis zu ihrem Körper mächtige Geißeln, die ihnen als Fortbewegungsorgane dienen. Die einfache Betrachtung einer solchen Fortbewegung legt uns manche Fragen vor. Wir wissen aus Erfahrung, daß in der unbelebten Natur Bewegungsvorgänge nur unter Anwendung von Kraft (Energie) durchführbar sind. Sollten die lebenden Wesen eine Ausnahme hiervon machen? Die exakte Forschung hat ergeben, daß das keineswegs der Fall ist. Die beiden grundlegenden Gesetze — 1. das Gesetz der Erhaltung des Stoffes, welches besagt, daß im Weltall kein Stoff verschwindet und kein Stoff aus nichts entstehen kann, oder mit anderen Worten ausgedrückt: die Summe aller Stoffe im Weltall bleibt sich gleich, und 2. das Gesetz der Erhaltung der Energie, das zum Ausdruck bringt, daß die Summe der Energie im ganzen Weltall sich stets gleich bleibt, d. h. daß wohl eine Energieform in eine andere sich umwandeln kann, jedoch weder Energie aus nichts entstehen noch je verschwinden kann, — diese beiden Gesetze haben sich für die lebenden Organismen als vollständig gültig erwiesen. Wir kommen damit sofort zu einer weiteren Fragestellung: Woher nimmt der sich bewegende Organismus die Kraft? Auch hierauf können wir eine ganz genaue Antwort geben. Sie entstammt der aufgenommenen Nahrung, und zwar im besonderen den organischen Bestandteilen davon. Diese enthalten in sich

Energie. Sie wird beim Abbau dieser Nahrungsstoffe frei. Wir sind auf Grund der einfachen Beobachtung eines sich bewegenden Organismus schon sehr tief in die Ernährung und die Stoffwechselvorgänge der Zellen eingedrungen!

Wenn wir irgend ein Lebewesen längere Zeit am Leben erhalten wollen, dann müssen wir es mit Nahrung versorgen. Es gilt dies für die einzelne Zelle und für den zusammengesetzten Organismus und zwar für Angehörige des Pflanzen- und des Tierreichs. Daß Nahrungsaufnahme zum Leben unentbehrlich ist, ist uns allen wohl bekannt, und wir möchten nur gern wissen, welche Nahrungsstoffe notwendig sind, und in welchen Mengen wir diese benötigen. Ferner interessiert uns, was aus den einzelnen Bestandteilen der Nahrung in unserem Körper wird, und wie wir sie in unseren Zellen verwerten.

Man sollte glauben, daß das einzellige Lebewesen am besten geeignet sei, um uns einen tiefen Einblick in den Stoffwechsel der Zelle zu gewähren. Bei genauerer Betrachtung stellt es sich jedoch heraus, daß bei der Einzelzelle die Verhältnisse ganz besonders kompliziert liegen. Sie nimmt aus der Umgebung Nahrungsstoffe auf und gibt gleichzeitig an diese Stoffwechselendprodukte ab. Bei ihrer Kleinheit ist es sehr schwer, festzustellen, was in ihrem Innern vor sich geht. Sie setzt in jedem Augenblick nur allergeringste Mengen von Stoffen um, und kaum ist eine neue Verbindung entstanden, dann wird sie schon wieder weiter-

verwandelt. Betrachten wir einen zusammengesetzten Organismus, dann sehen wir das Prinzip der Arbeitsteilung durchgeführt. Die einzelnen Zellen, die aus der Eizelle hervorgegangen sind, sind sich nicht gleich geblieben. Wir bemerken, daß eine Reihe gleichartiger Zellen sich zu Geweben vereinigt haben. Es kommt zur Bildung von Organen mit ganz besonderen Aufgaben. So bilden die Knochenzellen unser Skelett, das unserem Körper Halt verleiht und gleichzeitig durch Anlegung von Gelenken die Möglichkeit der Bewegung gibt. Sie vollzieht sich mittels Muskeln. Im Muskelgewebe finden wir wiederum zahlreiche gleichartige Zellen, die durch ein besonderes Gewebe, das Bindegewebe, vereinigt sind. Die Muskeln stehen mit den Knochen durch Sehnen in Verbindung. Andere Zellarten setzen den gesamten Verdauungsapparat zusammen. Auch in ihm finden wir Muskeln. Diese sind jedoch von anderem Aussehen als die Skelettmuskeln. Diese letzteren beherrschen wir mit unserem Willen, die in der Darmwand eingelagerten Muskeln dagegen nicht. Wir nennen die Skelettmuskeln auch nach ihrem Aussehen quergestreifte oder vom physiologischen Standpunkt aus willkürliche Muskeln. Die erwähnten Muskeln des Darmes bezeichnen wir als glatte resp. unwillkürliche Muskeln. Solche Muskelfasern finden wir in unserem Körper noch an vielen anderen Stellen, so im Kreislaufapparat (Herz und Blutgefäße), in den Lungen, in der Harnblase usw. In dem eben besprochenen Verdauungsapparat treffen wir auf

eigenartige Gebilde, die wir als Drüsen bezeichnen. Sie sind in der das Innere des Verdauungsrohres auskleidenden Schleimhaut eingelagert und bestehen aus besonderen Zellarten, die um einen Ausführungsgang gruppiert sind. In diesen herein geben sie Stoffe ab. Man bezeichnet diese Produkte in ihrer Gesamtheit als Sekrete. Sie haben bei der Verdauung eine ganz bestimmte Bedeutung. In der Mundhöhle stoßen wir auf den Speichel, im Magen auf den Magensaft. In den Darm ergießt sich der Saft von ungezählten kleinen Darmdrüsen (Darmsaft) und ferner das Sekret der Bauchspeicheldrüse (Pankreas).

In inniger Beziehung zur Verdauung steht die Leber. Sie verfügt über ganz eigenartig gebaute Zellen. Teile ihrer Funktionen enthüllen sich uns ohne weiteres, wenn wir ihren morphologischen Bau studieren. Wir bemerken, daß das vom Darme kommende Blut in der Leber in viele kleine Gefäße übergeführt wird. Die Darmvenen vereinigen sich zu einem großen Gefäß, Pfortader genannt. Sie teilt sich in der Leber in immer kleinere Zweige. Dann sammeln sie sich wieder zu immer größeren Stämmen und schließlich ergießt sich das Blut in die untere Hohlvene. Der Umstand, daß das vom Darmkanal kommende Blut, das während der Verdauung ununterbrochen von der Darmwand aufgenommene Nahrungsstoffe mit sich führt, nicht direkt den Körperzellen zugeführt wird, sondern zunächst auf breiter Oberfläche an ungezählten Leberzellen vorbeistreicht, hat gewiß eine tiefe Bedeutung. Wir können

die Leber geradezu als ein Kontrollorgan auffassen. Die vom Darmkanal aus aufgenommenen Stoffe werden geprüft. Mancher Stoff wird umgewandelt, mancher in Leberzellen abgelagert usw. In den allgemeinen Kreislauf ergießen sich nur Stoffe, die „bluteigen", d. h. dem Blute angepaßt sind. Nur so wird erreicht, daß das Blut in sehr engen Grenzen chemisch und physikalisch immer gleich zusammengesetzt ist. Die Leber bringt ferner die Galle mit all ihren Bestandteilen hervor. Auch sie ist wichtig bei der Verdauung.

Ein interessantes Organ, das wahrscheinlich in vieler Beziehung mit der Leber zusammenarbeitet, ist die Milz. Auch sie ist eine Art von Kontrollorgan. Sie scheint vor allem untüchtig gewordene rote Blutkörperchen aus dem Blute zu entfernen. Vielleicht bildet sie auch neue. Sichere Neubildungsstätte für solche ist das rote Knochenmark.

Da wir schon von Schutz- und Kontrollorganen sprechen, wollen wir auch gleich des ganzen Lymphsystems mit seinen sogenannten Drüsen, besser Lymphknoten genannten Organen sprechen. Auch dieses Organsystem zeigt im Bau ausgesprochene Besonderheiten. Die Lymphe dient als Transportmittel von Nahrungstoffen und von Stoffwechselendprodukten. Sie ist gewissermaßen als Puffer zwischen die Organzellen und die Blutbahn eingeschaltet. Viele Stoffe, die in zu hoher Konzentration, oder noch nicht genügend umgestaltet, von den Zellen abgegeben werden, werden in der Lymphbahn oder den Lymphknoten

zurückgehalten, verarbeitet und dann in geregelter Weise dem Blute überantwortet. In den Lymphknoten können auch fremde Eindringlinge — Kohlenstaub usw. von den Lymphknoten der Lunge, Bakterien von den verschiedensten Organen dieser Art — abgefangen werden.

Wieder andere Zellen haben die Funktion übernommen, in unseren Körper den so wichtigen Nahrungsstoff, Sauerstoff, aufzunehmen, und andererseits das gasförmige Stoffwechselendprodukt Kohlensäure auszuscheiden. Das Organ, das diese Funktion vollführt, ist bei uns die Lunge. Ein besonderer Apparat dient der Luftzu- und -ausfuhr. Die Luft wird, bevor sie in die Lunge überführt wird, von Staub, Bakterien usw. gereinigt, mit Wasserdampf gesättigt und auf 37° erwärmt. All dieses geschieht, während die Luft durch die Nasenhöhle in den Rachen strömt und dann durch den Kehlkopf und die Luftröhre den Bronchien zugeleitet wird. In der Nasenschleimhaut befinden sich ungezählte Schleimdrüschen, die ein klebriges Sekret abgeben, an dem Staubpartikelchen und Bakterien usw. haften bleiben.

Ein weiteres wichtiges Organsystem stellt der Kreislaufapparat dar, in dem sich wiederum zahlreiche Zellen zu ganz bestimmten Aufgaben zusammenschließen. Das Herz treibt das den ganzen Stoffwechsel vermittelnde Blut in besonderen Röhren, den Blutgefäßen (Schlagadern, Arterien) durch den Körper. Es wird dann in anders gebauten Gefäßen — Venen genannt — wieder dem Herzen zugeführt, und zwar

gelangt das „verbrauchte", mit Kohlensäure und anderen Stoffwechselendprodukten beladene Blut nach dem rechten Vorhof des Herzens zurück. Es strömt dann in die rechte Herzkammer und wird von deren Muskulatur in ein mächtiges Blutgefäß (Lungenarterie) geworfen, das nach der Lunge führt. Ein sinnreicher Einbau von Ventilen (Klappen) verhindert, daß das von der rechten Herzkammer ausgeworfene Blut eine andere Richtung einschlägt als die eben geschilderte. In der Lunge wird die Kohlensäure an die Lungenluft abgegeben, und gleichzeitig wird Sauerstoff aufgenommen. Das dunkelrote Blut wird dabei hellrot. Es hat sich das sogenannte venöse in arterielles Blut umgewandelt. Das Blut könnte nur wenig Sauerstoff aufnehmen, wenn dieser nicht zum größten Teil an den Blutfarbstoff, der in den roten Blutkörperchen enthalten ist, chemisch gebunden würde.[1]) Das einen hohen Sauerstoffgehalt aufweisende Blut strömt nun von der Lunge nach dem linken Vorhof und gelangt von da in die linke Herzkammer. Diese wirft es nunmehr in die Aorta, von der aus zahlreiche Zweige nach allen Körperteilen verlaufen. Der Sauerstoff wird mit den im Blut enthaltenen Nährstoffen an die einzelnen Gewebe abgegeben, und es strömen dann nach dem Blut Stoffwechselendprodukte und darunter auch die Kohlensäure zurück. Der Kreislauf beginnt von neuem.

---

[1]) Vgl. hierzu S. 31 .

In der Lunge haben wir somit ein Aufnahmeorgan für Sauerstoff und ein Ausscheidungsorgan für Kohlensäure kennen gelernt. Die festen Stoffwechselendprodukte werden in gelöster Form — und zwar kommt als Lösungsmittel nur Wasser in Frage — durch die kunstvoll gebauten Nieren ausgeschieden. Hier haben wir eine weit durchgeführte Arbeitsteilung vor uns. Der Darmkanal nimmt die festen, gelösten Stoffwechselanfangsprodukte auf und ein ganz besonderes Organsystem, die Nieren, scheidet die festen gelösten Stoffwechselendprodukte aus. Die von der Niere abgegebene Flüssigkeit wird allgemein als Exkret bezeichnet und trägt im besonderen den Namen Harn (Urin). Diese Flüssigkeit fließt bekanntlich nicht direkt nach außen. Sie wird durch einen besonderen Kanal (Urether) in ein Sammelgefäß, die Harnblase, übergeführt und dann von Zeit zu Zeit durch die Harnröhre nach außen abgegeben.

Ein besonderer Organkomplex mit streng spezifischen Funktionen stellt der Geschlechtsapparat dar. Er dient mit seinen Haupt- und Nebenapparaten der Erhaltung der Art — der Erhaltung des Lebens über das einzelne Individuum hinaus.

Zellarten von ganz eigenartiger Struktur finden wir im Nervengewebe vereinigt. Wir sehen, wie zahlreiche Nerven von allen Organen zentralwärts ziehen und andere Nervenstränge vom Zentrum kommend peripherwärts an ganz bestimmten Stellen enden. Diese Nervenbahnen sind im Rückenmark nach Art eines

Kabels auf engem Raum zusammengefaßt. Die Kopfnerven haben teils Beziehung zum sogenannten verlängerten Mark, teils direkt zum Gehirn. Im Rückenmark und im Gehirn mit seinen zahlreichen Teilen treffen wir nicht nur auf Nervenfasern, sondern auch auf Zellen. Die einen sind den Bindegewebszellen in ihren Funktionen vergleichbar, d. h. sie erfüllen mechanische Leistungen und stützen das ganze Nervenzellsystem. Andere Zellen sind mit der Funktion betraut, teils bewußte, teils unbewußte Vorgänge nervöser Art — Empfindungen, Bewegungsvorgänge — zu vermitteln. Wir stellen uns vor, daß die Nervenzellen bestimmter Teile des Großhirns die willkürliche Bewegung leiten und andere die bewußte Empfindung hervorbringen. Ob nicht auch Nervenzellen anderer Gehirnteile bewußten Vorgänge dienen, wissen wir nicht bestimmt. Mit dem Nervensystem stehen die Sinnesorgane im engsten Zusammenhang. Sie stellen Aufnahmeapparate für bestimmte Reize dar, die dann durch die zugehörigen Leitungsbahnen den Zentralstellen übergeben werden. Nur in diesen kommt es zur Empfindung und bei bewußten Vorgängen zur Wahrnehmung.

Eine ganze Anzahl von Sinnesorganen besitzen wir in der Haut. Da treffen wir auf Tastkörperchen, die auf Druck und Zug uns die entsprechenden Empfindungen vermitteln. Ferner haben wir in der Haut den Temperatursinn. Es sind da Stellen vorhanden, von denen aus die Kälteempfindung vermittelt wird, andere, die bei ihrer Erregung in unserem Gehirn die

Empfindung Wärme hervorbringen. Weit verbreitet sind ferner Stellen, von denen aus die Empfindung Schmerz bewirkt wird.

In der Mundhöhle — in der Schleimhaut der Zunge und derjenigen des Gaumens — treffen wir auf eigenartige Gebilde, die bei ihrer Erregung bestimmte Geschmacksempfindungen auslösen. In der Nase sitzt ein kleines Feld, das Riechfeld, das von ganz außerordentlicher Bedeutung ist, denn von den dort befindlichen Zellen werden wir auf bestimmte Gerüche aufmerksam. Ganz besonders hochorganisiert sind die beiden Sinnesorgane Auge und Ohr. Beide verfügen über zahreiche Nebenapparate. Die Zellen, die vom Licht erregt werden, sitzen ganz in der Tiefe des Augapfels. Die einfallenden Strahlen durchlaufen mehrere durchsichtige Gewebe, wobei sie in bestimmter Weise gebrochen werden, ehe sie auf das Gewebe treffen, das die Sinnesempfindung vermittelt, nämlich die sogenannte Netzhaut. Von da wird der Reiz auf Hirnteile übertragen, um schließlich an ganz bestimmten Hirnrindenstellen, die bewußte Wahrnehmung des Sehens hervorzurufen. Beim Gehörorgan haben wir auch keine direkte Übertragung der Schallwellen, vielmehr sind auch hier eine Reihe von Nebenapparaten beteiligt.

Außer diesen Geweben mit bestimmten nach dem ganzen Bau und ihren Leistungen nicht allzuschwer zu deutenden Gewebssystemen haben wir in unserem Körper noch eine ganze Reihe von Organen, wie die Schilddrüse, die Nebenschilddrüsen, die Thy-

musdrüse (Brieschen), Nebennieren, Gehirnanhang usw., die vom anatomischen Standpunkt aus eine bestimmte Funktion nicht ohne weiteres erkennen lassen. Hier konnte erst der Tierversuch und die Beobachtung am Menschen Klarheit geben. Wir kommen später auf diese Organe zurück, hier sei nur bemerkt, daß man viele Beweise dafür hat, daß diese Organe Stoffe — Inkrete genannt — an das Blut abgeben, die in anderen Organen bedeutsame Funktionen erfüllen.

Die geschilderte Arbeitsteilung erleichtert nun in vieler Beziehung die Verfolgung des Verhaltens der einzelnen Nahrungsstoffe im Organismus. Wir können die Stoffwechselanfangs- und -endprodukte scharf trennen und vielfach auch Stoffwechselzwischenprodukte abfangen. Unser Bestreben ist einerseits von jedem Nahrungsstoff sein Schicksal vom Beginn der Aufnahme in unseren Körper bis zur Ausscheidung der aus ihm hervorgegangenen Stoffe aus diesem zu verfolgen. Wir möchten gerne jede einzelne Zwischenstufe kennen lernen, und von jeder einzelnen interessiert uns wiederum ihre Bedeutung für bestimmte Zellfunktionen. Auf der anderen Seite interessiert uns lebhaft die Frage, wieviel der Organismus von den einzelnen Nahrungsstoffen braucht. Diese Frage ist nicht leicht zu beantworten. Vor allem kommt in Frage, ob der Organismus im Wachsen begriffen ist, oder ob er ausgewachsen ist. Dann ergeben sich ferner Unterschiede, je nachdem der Körper ruht oder arbeitet. Endlich spielen äußere Bedingungen — z. B. die Temperatur, Klima —

eine Rolle. Vor allem kommt es auch sehr auf die Menge der einzelnen Nahrungsstoffe unter sich an. Diese kurzen Andeutungen mögen genügen, um zu zeigen, mit was für Fragestellungen wir uns befassen werden.

Die Betrachtung der verschiedenen Organe mit bloßem Auge läßt schon erkennen, daß jedes einzelne besondere Zellarten besitzt. Noch viel deutlicher werden die Unterschiede, wenn das Mikroskop zur Hilfe genommen wird. Dieser gestaltlichen Verschiedenheit entspricht auch ein ganz verschiedener Bau in chemischer und physikalischer Hinsicht. Jede Zellart hat denselben gemeinsamen Grundstoffwechsel. Sie verbraucht Sauerstoff und bildet Kohlensäure. Auch im Abbau der einzelnen organischen Nahrungstoffe und der Verwendung der Zwischenprodukte bestehen bei den verschiedenartigen Zellarten weitgehende Übereinstimmungen. Daneben aber hat jede Zellart ihre Besonderheiten im Stoffwechsel. Das kommt in der besonderen Funktion der einzelnen Gewebe und Organe ohne weiteres zum Ausdruck.

Das Interesse an Fragen über Ernährung und Stoffwechsel ist in der letzten Zeit in weiten Kreisen gestiegen. Es wäre von der allergrößten Bedeutung, wenn über Ernährungsfragen viel mehr Kenntnisse verbreitet wären. Die Anzahl der Vorurteile und der unrichtigen Vorstellungen sind auf diesem Gebiet ganz besonders groß. Wir wollen uns im folgenden mit der Ernährung des Menschen befassen und gleichzeitig die wichtigsten Daten über seinen Stoffwechsel darlegen.

Wir beginnen mit der Schilderung der für die einzelnen Funktionen des Organismus notwendigen Bestandteile unserer Nahrung.

Unsere Nahrungsstoffe.

Wir unterscheiden Nahrungsmittel und Nahrungsstoffe. Unter den ersteren verstehen wir Gemische von Nahrungsstoffen, so wie sie in unserer Nahrung — Pflanzennahrung und Fleischnahrung — vorkommen. Die Nahrungsstoffe selbst stellen bestimmte Verbindungen dar. Wir unterscheiden — anschließend an die Einteilung der Chemie — anorganische und organische Nahrungsstoffe.

I. Die organischen Nahrungsstoffe.

Die organischen Nahrungsstoffe bestehen aus Kohlenstoff (C)[1]), Wasserstoff (H) und Sauerstoff (O). Eine besondere Gruppe davon enthält außerdem noch Stickstoff (N) und Schwefel (S). Manche besitzen ferner noch Phosphor (P). Zunächst teilen wir je nach der elementaren Zusammensetzung die organischen Nahrungsstoffe in stickstoffreie und stickstoffhaltige ein. Zu den ersteren gehören die Kohlehydrate und Fette, zu den letzteren die Eiweißstoffe.

Beginnen wir mit den für uns in Betracht kommenden **Kohlehydraten**. Sie sind fast alle allgemein

---

[1]) C, H, O, N, S, P sind Zeichen für die entsprechenden Elemente.

bekannt. Es gehören dahin der Traubenzucker, der Fruchtzucker, ferner der Rohrzucker, Milchzucker und der Malzzucker. Endlich sind zu erwähnen die Stärke, die Zellulose und das Glykogen. Vom chemischen Standpunkt aus betrachtet, lassen sich die eben erwähnten Zuckerarten in gewisse Gruppen bringen. Traubenzucker und Fruchtzucker stellen einfache Verbindungen dar. Sie lassen sich nicht ohne tiefer gehende Veränderung ihres speziellen Charakters weiter zerlegen. Dagegen können wir den Rohrzucker durch Kochen mit Säure in zwei in ihm vereinigte Zucker spalten, nämlich in Traubenzucker und in Fruchtzucker. Diese Spaltung vollzieht sich unter Aufnahme von einem Molekül Wasser. Wir nennen den Vorgang deshalb auch Hydrolyse. Umgekehrt entsteht aus den genannten einfachen Zuckern unter Abspaltung eines Moleküles Wasser Rohrzucker. Die gleiche Spaltung können wir mittels eines Saftes erreichen, den wir aus dem Darmkanal gewinnen können. Der Darmsaft enthält einen uns vorläufig nur seiner Wirkung nach bekannten Stoff — Ferment genannt —, der bei Körpertemperatur den Rohrzucker rasch spaltet. Den gleichen Stoff können wir z. B. auch in den Hefezellen nachweisen. Wir nennen den Rohrzucker, weil er sich in einfache Zucker spalten läßt, zusammengesetzten Zucker. Man hat die einfachen Zuckerarten auch Saccharide genannt Da der Rohrzucker aus zwei Molekülen von Sacchariden aufgebaut ist, wird er als ein Bi- oder Disaccharid bezeichnet.

Er findet sich in der Natur hauptsächlich im Zuckerrohr und in der Zuckerrübe.

Ein Disaccharid ist auch der in der Milch vorkommende Milchzucker. Er liefert bei der Spaltung unter Aufnahme von einem Molekül Wasser je ein Molekül Traubenzucker und Galaktose. Aus diesen Bausteinen läßt er sich unter Wasserabspaltung wieder zusammensetzen.

Ein weiteres Disaccharid ist die Maltose = Malzzucker. Diese Zuckerart findet sich in der Natur nirgends in größeren Ansammlungen. Er ist vielmehr ein Zwischenprodukt, das beim Abbau von manchen Zuckerarten entsteht, die aus mehr als zwei Sacchariden zusammengesetzt sind; und ferner bildet er auch die Übergangsstufe, wenn solche zusammengesetzte Zuckerarten von einfachen ausgehend aufgebaut werden. Er liefert bei der Hydrolyse zwei Moleküle Traubenzucker.

Stärke und Zellulose gehören dem Pflanzenreich an. Beide haben verschiedene Funktionen. Die erstere ist keine einheitliche Verbindung, sondern ein Gemisch von solchen. Ihre Funktion wird durch den Namen Reservekohlehydrat gekennzeichnet. Viele Pflanzen lagern in größeren Mengen Kohlehydrate in Knollen usw. in Form von Stärke ab[1]). Die Kartoffel enthält

[1]) Da jetzt Sonnenblumenarten eine immer mehr zunehmende Rolle als Nahrungsspender spielen, dürfte es interessieren, daß sie in den Knollen ein besonderes Kohlehydrat, nämlich das Inulin, enthalten. Auch die Dahlienarten (Georginen) bilden dieses Polysaccharid. Inulin liefert bei der Spaltung Fruchtzucker.

z. B. viel Stärke und auch in Getreidekörnern finden sich größere Mengen davon. Braucht die Pflanze Kohlehydrate, so kann sie das vorhandene Lager an Stärke angreifen. Sie bringt nicht diese selbst zum Transport an die Stelle, wo Zucker gebraucht wird, sondern Abbaustufen der Stärke. Sie zerlegt das zusammengesetzte Kohlehydrat. Die Abbauprodukte können vielen Umwandlungen unterliegen. Wir wissen augenblicklich noch nicht, wieviele Einzelzucker in den Bestandteilen der Stärke untereinander verknüpft sind. Infolgedessen können wir auch nicht eine so genaue Bezeichnung wählen, wie sie im Namen Di-, Tri-, Tetra- usw. -saccharid gegeben ist. Wir nennen die Bestandteile der Stärke allgemein als Polysaccharide und bezeichnen gewöhnlich die Zahl der vereinigten Saccharide mit n.

Die Zellulose ist auch ein solches Polysaccharid, bei dem die Anzahl der Monosaccharide, die in ihm untereinander verbunden sind, zur Zeit unbekannt ist. Sie wird von der Pflanze als Schutz- und Stützmittel verwendet. Überall stoßen wir auf sie. Wir werden uns noch eingehend über dieses Polysaccharid zu unterhalten haben. Es ist nicht ohne Interesse, daß die Pflanze zu mechanischen Funktionen Kohlehydrate und speziell Zellulose heranzieht, während der tierische Organismus zum gleichen Zwecke — abgesehen von den Knochen — Eiweißsubstanzen verwendet, — elastische Bänder, Nägel, Haare, Hörner, Hufe, Geweihe, Bartenwale des Walfisches usw. bestehen aus Eiweiß.

Das Glykogen gehört ausschließlich dem tierischen

Organismus an. Es findet sich bei Wirbellosen und den Wirbeltieren als Reservekohlehydrat. Das Tier speichert Zucker in Form dieses Polysaccharides auf. Seine Molekulargröße ist noch nicht mit Sicherheit festgestellt. Man weiß daher auch noch nicht genau, in wieviele Moleküle Monosaccharide das Glykogen bei der vollständigen Spaltung zerfällt. Wollen wir Glykogen darstellen, dann benutzen wir die Hauptstapelplätze für dieses Kohlehydrat, nämlich die Leber oder die Muskeln.

Spalten wir die drei genannten Polysaccharide, dann erhalten wir zunächst ein Gemisch von ganz verschiedenen Abbaustufen. Es entstehen Verbindungen, in denen eine verschiedene Anzahl von Monosacchariden vereinigt sind. Der Abbau geht von Stufe zu Stufe. Schließlich bleibt Traubenzucker übrig. Alle drei Polysaccharide liefern trotz ihres vollständig verschiedenen Baus, der sich auch in den ganz verschiedenen Eigenschaften der drei Kohlehydrate ausprägt, den gleichen Baustein, eben den Traubenzucker. Das Gemisch der Zwischenprodukte zwischen der Stärke, resp. der Zellulose, resp. dem Glykogen und dem Traubenzucker nennen wir Dextrine. Dieser Name bezieht sich somit nicht auf eine chemische Verbindung, sondern auf ein vorläufig noch unentwirrbares Gemisch von Abbaustufen verschiedener Molekulargröße. Unter den Abbaustufen treffen wir unter vielen anderen noch unbekannten auf ein bekanntes Produkt, nämlich die schon erwähnte Maltose. Sie entsteht beim Abbau von Stärke und von Glykogen. Bei der Zellulose ist ein anderes

Disaccharid gefunden worden, nämlich die Zellobiose. Sie zerfällt bei der Hydrolyse, wie der Malzzucker, in zwei Moleküle Traubenzucker.

Alle die erwähnten zusammengesetzten Zucker können wir, wie schon beim Rohrzucker erwähnt, mittels Säure — z. B. Salz- oder Schwefelsäure — in ihre Komponenten zerlegen. Der Abbau erfolgt bei der Stärke und beim Glykogen leicht, die Zellulose dagegen erweist sich als sehr widerstandsfähig. Zu ihrer Spaltung müssen wir lange mit Säure kochen. Wir erhalten in allen Fällen nach einiger Zeit ausschließlich Monosaccharide, und zwar jene Bausteine, die an ihrem Aufbau beteiligt sind. Der Abbau erfolgt stufenweise. Wenn wir z. B. eine Kartoffelscheibe nehmen, so können wir durch Bestreichen ihrer Oberfläche mit einer Lösung von Jod in Jodkali — einem charakteristischen Reagens auf Stärke — die einzelnen Stärkekörner an ihrer Blaufärbung erkennen. Lassen wir Säure auf die Kartoffel wirken, dann verschwindet die Stärke bald. Die erwähnte Reaktion fällt anders aus. Wir beobachten violette bis weinrote Farbentöne und schließlich tritt überhaupt keine Färbung mehr mit Jodjodkalium-Lösung ein. Der Abbau hat zuerst zu jenem Gemisch von Abbaustufen geführt, das wir mit dem Namen Dextrine belegt haben. Ein Teil dieser Abbaustufen gibt mit Jod die genannten violetten bis weinroten Farbtöne. Über die Dextrine hinaus ist schließlich Traubenzucker entstanden.

Beim Rohrzucker haben wir hervorgehoben, daß er

auch durch sogenannte Fermente zerlegt werden kann. Es sind dies eigenartige, vorläufig ausschließlich von Zellen herstellbare Produkte, die unter ganz bestimmten Bedingungen imstande sind, bestimmte Reaktionen herbeizuführen und zu beschleunigen. Man hat sie vielfach den Katalysatoren an die Seite gestellt. Diese vermögen bekanntlich bestimmte Reaktionen stark zu beschleunigen, ohne selbst in den Endprodukten der Umsetzungen enthalten zu sein. Sie sind vielmehr, nachdem sie offenbar immer am Aufbau von Zwischenprodukten beteiligt gewesen sind, unverändert am Schlusse der Reaktion zur Stelle und können von neuem wieder beschleunigend auf die gleiche Reaktion wirken. Ebenso sind die Fermente nach Ablauf des durch sie ausgelösten und stark beschleunigten Vorganges wieder unverändert zur Einwirkung auf weitere Moleküle des Ausgangsmaterials zur Verfügung. Spuren dieser Stoffe genügen, um große Umsetzungen zu bewirken. Die Fermente werden von den Zellen zum Teil nach außen abgegeben — in Sekreten —, zum Teil werden sie im Zellverbande behalten und entfalten im Zellinneren ihre Wirkung. Es ist jedoch gelungen, sie nach Zerstörung des Zellgefüges auch außerhalb der Zellen zur Wirksamkeit zu bringen, so daß heutzutage kein Unterschied mehr zwischen dem Wesen der eigentlichen Zellfermente und der in Sekreten — z. B. dem Speichel, dem Magen-, Pankreas- und Darmsaft — enthaltenen gemacht wird.

Die Fermente sind auf bestimmte Substrate spe-

zifisch eingestellt. Wir kennen solche, die Rohrzucker spalten, andere zerlegen Milchzucker und wieder andere den Malzzucker. Besondere Fermentarten spalten ferner die Bestandteile der Stärke. Auch das Glykogen wird durch Fermentwirkung abgebaut, und zwar, wie die Stärke, bis zu Traubenzuckermolekülen. Nur für die Zellulose bringen wir keinen solchen Stoff hervor, der imstande wäre, sie abzubauen. Es ist dies eine sehr wichtige Tatsache, auf die wir noch eingehend zurückkommen. Es gibt Bakterienarten, denen das Vermögen zukommt, Zellulose zu zerlegen. In unserem Darmkanal finden sich derartige Lebewesen.

Auch in ihren physikalischen Eigenschaften sind die angeführten Kohlehydrate verschieden. Wir können sie in dieser Hinsicht in zwei Gruppen unterbringen. Auf der einen Seite stehen die erwähnten Mono- und Disaccharide und auf der anderen die erwähnten Polysaccharide: Stärke, Glykogen und Zellulose. Die ersteren zeigen in Wasser ein anderes Verhalten als die letzteren. Es ist dies durch den folgenden einfachen Versuch, der zu der erwähnten Unterscheidung geführt hat, zu erkennen. Wir nehmen ein weites Glasrohr und überspannen das eine offene Ende mit einer Schweinsblase. Diese muß ganz dicht sein, d. h. sie darf keine Löcher besitzen. Wir können uns auch künstlich eine solche Membran z. B. aus Kollodium bereiten. Mittels eines Bindfadens befestigen wir die Membran an der äußeren Wand des Rohres. Der Abschluß muß ein so dichter sein, daß Wasser, das wir in das Glasrohr

über der Membran einfüllen, nicht zwischen der äußeren Glaswand und der anliegenden Membran durchtreten kann (Fig. 1). Wir füllen zunächst in das Glasrohr eine Lösung von Traubenzucker und tauchen es mit der Membran nach unten in ein Gefäß, in dem sich reines Wasser befindet. Nach kurzer Zeit können wir feststellen, daß in dieses Traubenzucker hineingewandert ist. Die gelösten Traubenzuckerteilchen haben die Membran durchdrungen. Sie sind, wie man sich ausdrückt, durch diese hindurch diffundiert. Wie ein Gas jeden Raum, der ihm zur Verfügung gestellt wird, gleichmäßig auszufüllen bestrebt ist, so wandern auch die gelösten Traubenzuckerteilchen in den jenseits der Membran befindlichen Raum — in das Wasser —, bis auf beiden Seiten der Membran eine gleich konzentrierte Traubenzuckerlösung vorhanden ist. Ganz ebenso verhalten sich der Fruchtzucker und die erwähnten Disaccharide und ferner die sogenannten Dextrine.

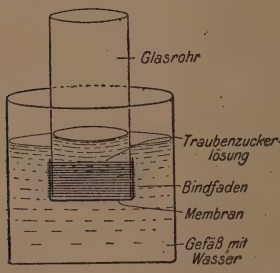


Fig. 1. Dialyse.

Bringen wir jedoch in das Glasrohr über die Membran eine Lösung von Stärke oder Glykogen, so beobachten wir ein ganz anderes Verhalten. Schon das trübe, opaleszierende Aussehen der sogenannten Lösungen der erwähnten Polysaccharide zeigt uns, daß eine Besonderheit vorliegt. Es wandern keine Stärke- und auch keine Glykogenteilchen durch die Membran.

Sie bildet eine Scheidewand zwischen der Stärke- resp. Glykogenlösung und dem Wasser. Wir nennen den erwähnten Versuch Dialyse und bezeichnen Stoffe, die nicht durch die tierische Membran hindurch diffundieren, als Kolloide. Alle übrigen Stoffe, die diese zu durchdringen vermögen, wollen wir Nichtkolloide nennen.

Es sei gleich hier der folgende Versuch angefügt. Wir geben in einen Dialysierschlauch eine Stärkelösung und tauchen ihn in Wasser. Wir stellen fest, daß keine Spur von Stärke hindurchwandert. Wir benutzen zum Nachweis der Stärke die schon erwähnte Jodreaktion. Nun fügen wir zu der Stärkelösung im Dialysierschlauche etwas Speichel. Nach einiger Zeit bemerken wir, daß durch die Membran Dextrine durchgewandert sind. Bald können wir auch Maltose und Traubenzucker mittels besonderer Methoden nachweisen. Was hat sich ereignet? Das Kolloid Stärke ist durch im Speichel enthaltene Fermente abgebaut worden. Sehr früh entstehen Abbaustufen, die zu den Nichtkolloiden gehören, d. h. die durch die Membran hindurch diffundieren. Diese einfache Beobachtung ist von grundlegender Bedeutung. Wir kommen auf sie bei der Besprechung der Bedeutung der Verdauung zurück.

Die Zellulose ist in Wasser nicht löslich. Folglich kann sie auch nicht diffundieren. Sie steht gewissermaßen am Ende der Reihe der Kolloide. Wir kennen in der Natur alle Abstufungen von Nichtkolloiden — auch echt gelöste Substanzen genannt — und den

Kolloiden bis zu den festen Körpern. Alle diese Zustände sind durch Übergänge unter sich verknüpft.

Nicht unerwähnt wollen wir lassen, daß in der Natur und besonders häufig in der Pflanzenwelt Verbindungen aller Art vorkommen, die neben den verschiedenartigsten Stoffen nichtkohlehydratartiger Natur, Zuckerarten enthalten. Sie sind allgemein als Glukoside bezeichnet worden.

Eine weitere Klasse von organischen Nahrungsstoffen sind die **Fette.** Sie haben ganz andere chemische und physikalische Eigenschaften als die besprochenen Kohlehydrate. Wir kennen sie in fester, halbflüssiger und ganz flüssiger Form. Jedes Fett kann in diesen drei Formen auftreten, es kommt nur auf die Temperatur an, welcher Aggregatzustand angenommen wird. Die bei gewöhnlicher Temperatur flüssigen Fette nennen wir gewöhnlich Öle. Ein festes Fett ist z. B. der Hammeltalg, ein halbfestes Fett ist die Butter. Kein Fett, das als Nahrungsstoff in Frage kommt, löst sich in Wasser. Die Öle und Fette mischen sich mit ihm auch nicht. Schüttelt man z. B. Olivenöl energisch mit Wasser, dann entsteht ein milchig getrübtes Gemisch. Man nennt es Emulsion. Wartet man einige Zeit ab, so erkennt man ohne weiteres die Ursache des milchigen Aussehens. Man sieht, wie sich immer größere Öltröpfchen bilden, bis ganz große Tropfen entstanden sind. Diese steigen in der Flüssigkeit empor und sammeln sich, da Öle und Fette leichter als Wasser sind, an ihrer Oberfläche. Bald haben sich Öl und Wasser wieder

getrennt. Durch das Schütteln ist das Öl zerstäubt worden. Es haben sich ungezählte feinste Tröpfchen gebildet. Jedes einzelne reflektiert Licht, und dadurch kommt es, daß die Emulsion undurchsichtig oder doch höchstens bei größerer Verdünnung durchscheinend ist. Man kann die Emulsion beständiger machen, indem man ranziges, d. h. verändertes Fett nimmt und ferner nicht Wasser, sondern eine Sodalösung verwendet. Das ranzige Fett enthält unter anderem freie Fettsäuren. Noch beständiger wird die Emulsion, wenn man außerdem noch etwas Gummi arabicum zugibt. Es wird dann offenbar jedes Fettröpfchen mit einer dünnen Haut dieses Kohlehydrates umgeben. Dadurch wird die Wiedervereinigung der Tröpfchen verhindert.

Die Bildung einer Emulsion ist von großer Bedeutung. Es wird dadurch eine ganz gewaltige Oberflächenvergrößerung erreicht. Wir werden bald hören, daß der ganze Vorgang für die Verdauung der Fette von größter Bedeutung ist.

Fette sind stets zusammengesetzte Verbindungen. Wir können sie durch Kochen mit Säuren und speziell mit Alkalien spalten. Wir erhalten zwei verschiedenartige Bausteine, nämlich ein Molekül eines Alkohols und Fettsäuren. Zumeist finden wir als Alkohol Glyzerin. Dieses ist ein dreiwertiger Alkohol und vermag infolgedessen drei Moleküle Fettsäuren zu binden. Die Fettsäuren können der gleichen Art sein, es können aber auch drei ganz verschiedene Fettsäuren am Aufbau eines Fettes beteiligt sein oder auch nur zwei

verschiedene Arten. Dadurch wird eine große Zahl verschiedenartiger Fette möglich. Dazu kommt, daß die Fette in der Natur kaum in reinem Zustand vorkommen. Wir treffen vielmehr auf Fettgemische. Damit wächst die Mannigfaltigkeit der in den Zellen der Pflanzen und Tiere vorkommenden Fette ganz außerordentlich.

Spalten wir die Fette mit Alkali, dann erhalten wir nicht Glyzerin und Fettsäuren, sondern von den letzteren ihre Salze, Seifen genannt. Während die Alkaliseifen in Wasser leicht löslich sind, sind die Magnesiaseifen schwerer und die Kalziumseifen schwer löslich.

Außer den Fetten der eben erwähnten Zusammensetzung, die als Nahrungsstoffe in erster Linie in Frage kommen, treffen wir in der Pflanzen- und Tierwelt noch andere Verbindungen, die hierher gehören, an. Wir finden z. B. im Bienenwachs hochmolekulare, jedoch nur einwertige Alkohole, verknüpft mit einem Molekül Fettsäure. In unserem Organismus stoßen wir auf Fettarten, die ebenfalls aus einem solchen Alkohol und einer Fettsäure bestehen. Der Alkohol heißt Cholesterin. Er gehört zu der weit verbreiteten Gruppe der Sterine. Cholesterin kommt frei und mit Fettsäure verknüpft vor. Zu seiner Gewinnung benützen wir Nervengewebe, das reich an ihm ist oder aber Galle. Auch diese enthält relativ viel Cholesterin. Es nimmt Anteil an der Zusammensetzung der sogenannten Gallensteine, die unter bestimmten Bedingungen sich in den Gallengängen und speziell der Gallenblase bilden. Sie stellen mit das

wichtigste Ausgangsmaterial zur Gewinnung von Cholesterin dar.

In allen Geweben und ganz besonders in der Nervensubstanz stoßen wir in größeren Mengen auf Verbindungen, die den Fetten in physikalischer und auch chemischer Beziehung nahe stehen. Die ganze, offenbar sehr mannigfaltige Gruppe heißt Phosphatide. Sie enthalten Glyzerin, Fettsäuren, ferner Phosphorsäure und einen stickstoffhaltigen Baustein — Aminoäthylalkohol und Cholin sind bis jetzt als solche erwiesen.

Ob wir die Phosphatide als Nahrungsstoffe anzusprechen haben, die nicht ersetzbar sind, ist noch nicht klar entschieden. Viele Beobachtungen sprechen dafür, daß wir diese Verbindungen aus den Bausteinen bilden können. Das Cholesterin scheint mit den Sterinen der Nahrung in Zusammenhang zu stehen, doch bestehen in unseren Kenntnissen über den Cholesterinstoffwechsel noch manche Lücken.

Wir kommen nunmehr zu der wichtigen Gruppe der stickstoffhaltigen Nahrungsstoffe, zu den **Eiweißstoffen,** auch **Proteine** genannt. Es sei gleich hier vorausgeschickt, daß wir den freien Stickstoff der Luft nicht als Baumaterial benutzen können. Wir können ferner Salpeter und Ammoniak — beides stickstoffhaltige Verbindungen, die von der Pflanze verwertet werden — nicht zur Eiweißbildung verwenden. Wir müssen den Stickstoff in bestimmter organischer Bindung von der Pflanze übernehmen. Jede Zelle enthält Eiweiß. Es ist ganz unentbehrlich.

Das Eiweiß ist eine zusammengesetzte Verbindung. Spalten wir es mit Säuren, Alkalien oder Fermenten auf, dann erhalten wir zunächst ein großes Gemisch von Abbaustufen mit ganz verschiedenen Molekulargewichten. Wir nennen es Peptone. Bei weiter gehender Hydrolyse bleiben zahlreiche Bausteine übrig, die in vielen Einzelheiten eine große Ähnlichkeit unter sich haben und doch in vieler Beziehung wieder sehr verschieden sind. Diese Bausteine heißen Aminosäuren. In ihrer Aminogruppe — NH_2-Gruppe — ist der Stickstoff enthalten. Die Aminosäuren haben teils Beziehungen zu Fettsäuren der aliphatischen Reihe, teils handelt es sich um ringförmige Verbindungen, d. h. Verbindungen, die sich vom Benzol und ähnlichen Verbindungen ableiten. Wir kennen bis jetzt 18 verschiedene Aminosäuren. Wir können sie untereinander verknüpfen und gelangen dann zu Verbindungen, in denen zwei, drei, vier usw. Aminosäuren in bestimmter Weise untereinander verbunden sind. Diese, durch die Art der Verknüpfung der einzelnen Bausteine charakterisierten Verbindungen hat man allgemein Polypeptide genannt. Sind zwei Aminosäuren unter Wasseraustritt verbunden, dann sprechen wir von einem Dipeptid. Ein Tripeptid besteht aus drei Aminosäuren. Man hat bis jetzt 19 Aminosäuremoleküle im Laboratorium zusammen vereinigt. Bei dieser Gelegenheit sei darauf hingewiesen, daß der hervorragende Chemiker Emil Fischer unsere Kenntnisse des Aufbaus der Eiweißstoffe und auch der Kohlehydrate so

außerordentlich gefördert hat, daß wir in weitgehendem Maße uns ein klares Bild über die Zusammensetzung dieser Nahrungsstoffe und vor allem auch über die Umwandlungen ihrer einzelnen Bausteine machen können.

Die Zahl der Eiweißarten ist unzweifelhaft sehr groß. Manches spricht dafür, daß jede Zellart besondere Eiweißstoffe besitzt. Man hat den Ausdruck arteigene und artfremde Eiweißstoffe geprägt, um zum Ausdruck zu bringen, daß jede Art eigene Proteine hervorbringt. Über diese Begriffe hinaus muß man innerhalb einer Art noch organ-, ja sogar zelleigene Eiweißstoffe unterscheiden. Reine Proteine treffen wir in der Natur kaum an. Es handelt sich immer um Gemische. Gleiche Proteinarten können in verschiedenen Mengen gemischt Massen mit besonderen Eigenschaften bilden. Verknüpfen wir zwei Bausteine A und B in gleicher Art, jedoch in verschiedener Reihenfolge, dann ergeben sich schon die beiden Verbindungen A—B und B—A. Aus den drei Bausteinen A, B und C können wir in gleicher Weise die sechs Verbindungen A—B—C; A—C—B, B—A—C, B—C—A, C—A—B, C—B—A aufbauen. Die Zahl der Möglichkeiten steigt bei vier verschiedenen Bausteinen auf 24, bei fünf auf 120, bei sechs auf 720 usw. und bei 18 auf rund 64 000 000 000 000 000 000! Nimmt man nun noch an, daß die Art der Bindung unter den einzelnen Bausteinen eine verschiedene sein kann, dann schwillt die Zahl der möglichen Verbindungen noch weiter ins Ungemessene. Man erkennt somit, daß der

Annahme einer gewaltig großen Zahl verschiedener Proteine keine Schwierigkeiten entgegenstehen.

Schließlich sei noch kurz der zusammengesetzten Eiweißstoffe gedacht. Als solche bezeichnen wir Verbindungen, die aus Eiweiß und einem nicht eiweißartigen Anteil bestehen. Unser Blutfarbenstoff ist z. B. ein solches Produkt. Bei der Spaltung zerfällt es in Eiweiß und in die eisenhaltige Verbindung Hämochromogen resp. Hämatin, je nachdem wir vom sauerstoffhaltigen Blutfarbstoff ausgehen oder dem reduzierten Produkt. Der erstere heißt Oxyhämoglobin, das letztere Hämoglobin. Ein weiteres zusammengesetztes Protein stellen die Kernstoffe, die Nukleoproteide, dar. Aus ihnen bestehen die Kerne der Zellen. Es handelt sich um Verbindungen sehr komplizierter Natur. Man kann aus ihnen für sie charakteristische Säuren neben Eiweiß abspalten. Es sind dies die Nukleinsäuren. Sie liefern bei der Spaltung neben einem Kohlehydrat und Phosphorsäure ganz eigenartige Verbindungen: Pyrimidinbasen und Purinbasen. Die letzteren haben unser Interesse ganz besonders geweckt, weil wir von ihnen die Harnsäure, die in unserem Harn sich findet, direkt ableiten können.

II. Die anorganischen Nahrungsstoffe.

Ihre Bedeutung ist eine mannigfaltige. Zu ihnen gehören drei Gruppen: 1. das Gas Sauerstoff, 2. Wasser und 3. Mineralstoffe. Zunächst der

Sauerstoff. Er ist Bestandteil aller für uns in Betracht kommenden organischen Verbindungen, wie wir soeben erfahren haben. In dieser Hinsicht ist er als Baustein zu betrachten. Er verleiht jenen Verbindungen bestimmte Eigenschaften und gleichzeitig werden durch die Bindung mit anderen Elementen auch seine eigenen ganz wesentlich verändert. Der Sauerstoff ist ferner das Mittel, womit die Zelle den Energieinhalt der organischen Nahrungsstoffe vollständig erschließen kann — mit einer Ausnahme. Die Eiweißstoffe resp. ihre Bausteine werden nämlich nicht so weit zerlegt, daß der gesamte Energieinhalt in Erscheinung tritt. Früher sprach man von Verbrennungen in den Zellen und sagte, daß der Sauerstoff diese vermittle. Heute wissen wir, daß die Verhältnisse viel komplizierter liegen. Die einzelnen Verbindungen werden über viele Zwischenstufen in den Zellen zerlegt. Es treten ohne und mit Beteiligung von Sauerstoff Spaltungen auf. Dabei kann Energie stufenweise in Freiheit gesetzt werden. Schließlich kommt es zur Bildung der Stoffwechselendprodukte.

Der Sauerstoff wird, wie S. 7 schon erwähnt, durch die Lunge in das Blut aufgenommen. Dieses kann entsprechend den bekannten Gesetzen über Gasabsorption nur eine kleine Menge davon gelöst aufnehmen. Der bei weitem größte Teil wird chemisch gebunden, und zwar an Hämoglobin, den schon erwähnten, in den roten Blutkörperchen enthaltenen Farbstoff. Der gebundene Sauerstoff hat keinen Einfluß auf die Spannung dieses Gases im Blute.

Die Sauerstoffverbindung des Blutfarbstoffs zerfällt leicht und gibt unter den geeigneten Bedingungen den so wertvollen Nahrungsstoff frei. So können wir die roten Blutkörperchen mit ihrem Farbstoff als wichtiges Transportmittel für diesen betrachten.

Das Wasser brauchen wir auch zu mannigfaltigen Zwecken. Wir geben beständig Lösungen von anorganischen und organischen Stoffen in Form von Harn ab. Auch der Schweiß besteht zum größten Teil aus Wasser. Die eingeatmete Luft wird ferner mit Wasserdampf gesättigt und in diesem Zustand ausgeatmet. Es ist klar, daß alle diese Ausgaben ersetzt werden müssen. Zwar bilden die Zellen neben Kohlensäure aus jedem organischen Nahrungsstoff beim Abbau auch Wasser. Doch genügt diese Menge nicht. Es sind zahlreiche wasserhaltige Sekrete zu bilden. Ein großer Teil dieser wird wieder aufgenommen, so daß ihre Bestandteile den Zellen wieder zur Verfügung stehen. Die Aufnahme ist jedoch meistens eine unvollkommene.

Der Organismus braucht Wasser ganz allgemein als Lösungsmittel für die zum Transport kommenden Stoffe. Das Blut und die Lymphe enthalten viel Wasser. Jede Zelle muß zum gleichen Zwecke Wasser haben. Diese Lösungen von anorganischen und organischen Bestandteilen in Wasser besitzen bestimmte physikalische Eigenschaften, die für das Zelleben von ausschlaggebender Bedeutung sind. Jede Zelle verfügt über einen ganz bestimmten (osmotischen) Druck. Der Zustand der einzelnen Zellbestandteile in dem Medium Wasser ist gleich-

falls von grundlegender Bedeutung für die Zellfunktionen. Wir haben in jeder Zelle Kolloide und Nichtkolloide. Sie stehen zueinander in vielen Wechselbeziehungen. Erwähnt sei kurz, daß die anorganischen Stoffe — die Salze — in wässriger Lösung zum größten Teil in Ionen gespalten sind. Kochsalz zerfällt z. B. in Na- und Cl-Teilchen. Diese besitzen eine ganz bestimmte elektrische Ladung, und zwar sind sie entgegengesetzt geladen, d. h. es hat das eine Ion ebensoviel positive, wie das andere negative Elektrizität. Auf diesen Umstand ist die Fähigkeit solcher Lösungen zurückzuführen, den elektrischen Strom zu leiten. Stoffe, die nicht in Ionen zerfallen, d. h. die molekular gelöst sind, besitzen in Lösung diese Eigenschaft nicht. Auch die Kolloide weisen eine elektrische Ladung auf. Wir können diese wichtigen Feststellungen nur andeuten und dazu noch bemerken, daß die einzelnen Ionen ganz bestimmte physiologische Wirkungen entfalten. Magnesium-Ionen wirken z. B. narkotisch. Diese Wirkung läßt sich durch Kalzium-Ionen aufheben. Wir sprechen von antagonistischen Wirkungen. Kalium-Ionen wirken schädlich auf das Herz ein, Natrium-Ionen nicht. Wir wissen auch, daß die einzelnen Zellen und Organe nur dann außerhalb des Körpers — wenigstens einige Zeit — funktionstüchtig erhalten werden können, wenn wir ihnen bestimmte Salze in bestimmter Konzentration zuführen. Auf dieser Beobachtung gründet sich die Herstellung bestimmter Nährlösungen. Es ist von größtem Interesse, daß die meisten Seetiere nur in

einer Mischung von annähernd 100 Molekülen Kochsalz, 2,2 Molekülen Kaliumchlorid und 1,5 Molekülen Kalziumchlorid längere Zeit am Leben bleiben. Die gleichen Salze treffen wir auch in unserem Blute an und zwar in der gleichen Konzentration! Sehr interessant ist auch die Feststellung, daß das Kalium als radioaktives Element nur durch andere ebenfalls diese Eigenschaften zeigende Elemente ersetzbar ist und ferner auch durch die Strahlen, die es aussendet. Diese Andeutungen mögen genügen, um zu zeigen, ein wie interessantes Forschungsgebiet hier vorliegt.

Nun die Mineralstoffe! Jede Zelle enthält solche bestimmter Art. Wir schließen schon daraus, daß sie notwendig sind. Legen wir ein Stück Gewebe — z. B. Leber — auf einen Metallspatel und erhitzen wir ihn über der freien Flamme, so tritt bald Verkohlung ein. Schließlich verbleibt ein unverbrennlicher Teil, Asche genannt. In ihr befinden sich die sogenannten Mineralstoffe. Untersuchen wir die Asche, dann finden wir darin Eisen, Kalzium, Magnesium, Mangan, Natrium, Kalium, Lithium, ferner können wir Chlor, oft auch Jod, Fluor, Phosphorsäure, Schwefelsäure nachweisen. Diese Stoffe finden sich in den Zellen nicht in einheitlicher Form. Manche davon sind Bestandteil organischer Verbindungen. So ist Eisen Baustein des Blutfarbstoffs, Jod Bestandteil von Eiweißstoffen bestimmter Art, Schwefel und Phosphor finden sich gleichfalls kombiniert mit organischen Substanzen. Den letzteren haben wir in Form der Phos-

phorsäure als Baustein der Phosphatide und der Nukleinsäuren kennen gelernt. Ferner finden wir bestimmte Salze als solche oder in Ionen gespalten in jeder Zelle. Es gibt Gewebe, in denen die Mineralstoffe überwiegen. Es ist dies beim Knochengewebe und den die Zähne aufbauenden Anteilen der Fall. In diesen Geweben finden wir hauptsächlich Kalziumkarbonat, Kalziumphosphat, Magnesiumsalze, Fluor, Chlor.

Die Funktion der Salze ist mannigfaltig. Sie entfalten bestimmte physikalische Eigenschaften in Lösungen (osmotischer Druck), ihre Spaltstücke, die Ionen, haben bestimmte Wirkungen, sie selbst sind Bausteine der Zellen. Im Knochen und den Zähnen erfüllen sie mechanische Funktionen.

Gibt es außer den genannten Nahrungsstoffen noch welche, die unserer Kenntnis bisher entgangen sind?

Eigenartige Beobachtungen an Menschen und Tieren ließen die Wahrscheinlichkeit immer gewisser werden, daß neben den erwähnten Nahrungsstoffen noch solche notwendig sind, die offenbar in sehr geringen Mengen bedeutsame Funktionen im tierischen Organismus erfüllen. Aufmerksam wurde man auf die Möglichkeit, daß noch besondere Nahrungsstoffe für die Aufrechterhaltung des gesamten Stoffwechsels erforderlich sein könnten, durch mehrere sogenannte Ernährungskrankheiten. So kommt besonders in Ostasien eine schwere

Krankheit vor, die Beri-Beri genannt worden ist. Man war schon lange darauf aufmerksam geworden, daß diese nur dann sich entwickelt, wenn die Nahrung ausschließlich oder doch in überwiegendem Maße aus geschliffenem Reis besteht. Durch das sogenannte Polieren werden dem Reiskorn die Hüllen fortgenommen. Daß die Art der Nahrung die Ursache der Krankheit war, ließ sich einerseits dadurch feststellen, daß man sie erfolgreich durch Aufnahme anderer Nahrungsmittel bekämpfen konnte. Noch eindeutiger wurde diese Feststellung, als es glückte, bei Vogelarten und später auch bei Säugetieren durch ausschließliche Verfütterung von geschliffenem Reis schwere Krankheitserscheinungen hervorzurufen. Eijkmann hat als erster bei Hühnern schwere Krämpfe mit nachfolgendem Tod beobachtet. Verfüttert man nichtgeschliffenen Reis, oder gibt man zum geschliffenen Reiskorn Kleie, dann tritt die Erkrankung nicht auf. Eine andere Krankheit, die mit der Art und dem Zustand der Nahrung zusammenhängt, ist der Skorbut. Er ist bei Forschungsreisenden, die genötigt waren, lange Zeit von offenbar im Laufe der Zeit veränderten Konserven zu leben und bei Segelschiffahrern, aber auch bei schlechter Ernährung ganzer Volksschichten beobachtet worden. Während die Beri-Beri sich in nervösen Störungen, in Störungen der Verdauung usw. äußert, zeigt sich der Skorbut durch Blutungen in die Schleimhäute, durch Lockerung der Zähne usw. an. Auch er läßt sich durch den Versuch am Tiere erzeugen. Meerschweinchen erkranken z. B. an

Skorbut, wenn man sie ausschließlich mit getrockneten Erbsen ernährt.

Zunächst ist vom größten Interesse, daß die einseitige Verfütterung von bestimmten Nahrungsmitteln — wie von gschliffenem Reis, von getrockneten Erbsen, von Mais usw. — nicht bei allen Tieren den gleichen Erfolg hat. Die eine Tierart erkrankt an Skorbut, eine andere dagegen nicht. Ebenso tritt die der Beri-Beri analoge Erkrankung bei Verfütterung von ge-

Fig. 2. An Krämpfen erkrankte Taube nach Fütterung mit geschliffenem Reis.

schältem Reis nicht bei allen Tierarten in gleicher Weise auf. Einen sehr großen Fortschritt bedeutet es, daß man an Stelle bestimmter Nahrungsmittel, die man zur Heilung der erwähnten Erkrankungen verwendet hatte, aus diesen gewonnene Extrakte mit Erfolg benutzen konnte. Schaumann und Funk u. A. hatten in dieser Richtung erfolgreich gearbeitet. Wir wollen kurz einen Versuch an Tauben schildern. Wir geben diesen Tieren geschliffenen Reis. Sie fressen ihn zunächst gerne. Nach einigen Tagen nimmt die Freßlust ab. Die Tiere magern ab und zeigen nach einiger Zeit schwere Krämpfe

(vgl. Fig. 2). Manchmal treten auch Lähmungen auf, oder es kommt auch zum Tode ohne besondere Erscheinungen. Gibt man zum Reis Bierhefe oder Kleie, dann erkranken die Tiere nicht. Man kann erkrankte Tiere ferner heilen, indem man die genannten Produkte verfüttert. Die Tauben beginnen fast unmittelbar darnach wieder freiwillig zu fressen. Man kann nun aus der Kleie und der Bierhefe Stoffe gewinnen, die bestimmte

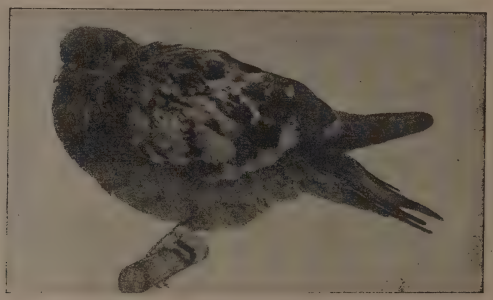


Fig. 3. Die gleiche Taube, wie in Fig. 2, nach Einspritzung eines Extrakts aus Hefe.

Wirkungen entfalten und z. B. erkrankte Tiere sofort von ihren nervösen Symptomen befreien. Eine ganz geringe Menge dieser Substanzen verfüttert oder unter die Haut gespritzt, bewirkt, daß die schwer kranken Tiere bald wieder munter herumlaufen und -fliegen. Die Fig. 3 zeigt das in Fig. 2 dargestellte Tier nach der Behandlung mit Stoffen, die aus Bierhefe ausgezogen worden waren.

Die umfassenden Forschungen der letzten Zeit haben zu dem Ergebnis geführt, daß neben den

oben erwähnten organischen und anorganischen Nahrungsstoffen noch andere notwendig sind, die in sehr geringen Mengen bedeutsame Funktionen erfüllen. Ihr Fehlen bewirkt schwere Störungen. Man ist der Art dieser neuartigen Nahrungsstoffe — Nutramine genannt — auf der Spur. Ihre Bedeutung ist nicht leicht zu umgrenzen. Sie kommen sicher nicht als Energiequelle in Frage, dazu ist die Menge, die wir von ihnen aufnehmen, viel zu unbedeutend. Vielleicht wirken sie direkt auf bestimmte Organe ein — viele Beobachtungen machen es wahrscheinlich, daß sie die Darmbewegung und vor allem die Tätigkeit der Verdauungsdrüsen anregen. Ferner hat man durchaus den Eindruck, als ob sie im Zellstoffwechsel für bestimmte Prozesse unentbehrlich sind. Uns mag es hier genügen, auf diese wichtigen, unentbehrlichen Nutramine hingewiesen zu haben.

Erwähnt sei noch, daß man wachsende Tiere im Wachstum stillegen kann, wenn man ihnen bestimmte Nahrungsarten gibt. Eine ganz geringe Menge Milch als Zusatz dazu bewirkt, daß das Wachstum wieder einsetzt! Also auch hier eine hochbedeutsame Beeinflussung durch ganz geringe Mengen noch unbekannter Stoffe[1])!

---

[1]) Wer tiefer in diese Fragen eindringen möchte, sei auf die Arbeit von Emil Abderhalden und H. Schaumann: Beitrag zur Kenntnis von organischen Nahrungsstoffen mit spezifischer Wirkung, Pflügers Archiv. Bd. 172. S. 1. 1918, verwiesen.

Woher stammen unsere Nahrungsstoffe?

Wir sind, wie alle tierischen Organismen, beim Bezuge unserer Nahrungsstoffe auf die Pflanzenwelt angewiesen. Es ist dies eine Feststellung von fundamentalster Bedeutung. Sie muß unser ganzes Tun und Handeln beim Bestreben, die Menge unserer Nahrungsstoffe zu steigern, beherrschen. Man wird einwenden, daß es doch Fleischfresser gibt. Der Löwe, der Tiger usw., der Raubvogel, manche Fische usw. nehmen niemals Pflanzennahrung zu sich, sondern nur Fleisch. Würde jedoch die Pflanzenwelt nicht sein, dann würden diese Tiere ebenfalls bald aussterben! Leben sie doch in letzter Linie von Tieren, die ihren Körper mittels Pflanzennahrung vermehren und erhalten! Also auch die Fleischfresser sind von der Pflanzenwelt, wenn auch indirekt, abhängig!

Die Pflanze hat einen Stoffwechsel, der dem der Tiere in vieler Hinsicht recht nahe steht. Auch die Pflanze verbraucht Sauerstoff und gibt Kohlensäure ab. Auch sie vollzieht mannigfaltige Umsetzungen und zerlegt zusammengesetzte Verbindungen. Sie baut beständig auf und ab. Daneben besitzt jedoch die Blattfarbstoff aufweisende Pflanze Eigenschaften, die dem tierischen Organismus ganz abgehen. Sie verfügt über Einrichtungen, die ihre Sonderstellung bedingen. Die Pflanze vermag aus Kohlensäure und Wasser unter Abspaltung von Sauerstoff organische Substanz zu bilden. Für unsere Ernährung und

damit für unser Dasein ist das ein Vorgang von grundlegender Bedeutung. Er ist nicht möglich ohne Zufuhr von Energie. Kohlensäure und Wasser reagieren nicht ohne weiteres zusammen. Es bedarf der Energie, um beide Verbindungen zu organischer Substanz zu vereinigen. Diese entstammt dem Sonnenlichte. Sonnenenergie ist es, welche die erwähnte Umwandlung vollzieht. Sie allein vermag jedoch, wie die tägliche Beobachtung zeigt, die Bildung von organischer Substanz aus Kohlensäure und Wasser nicht zu bewirken. Wäre dies der Fall, dann wäre jede Nahrungsnot behoben! Die Sonnenenergie muß offenbar in der Pflanze irgendwie verwandelt werden, um in der genannten Richtung wirksam zu werden. Auch die Ausgangsmaterialien Kohlensäure und Wasser werden ohne Zweifel im Pflanzenblatt unter ganz besondere Bedingungen gebracht. Wir wissen, daß bei der sogenannten Kohlensäure- und Wasserassimilation der magnesiumhaltige Blattfarbstoff eine sehr wichtige Rolle spielt. Über die Einzelheiten des so wichtigen Vorganges sind wir noch nicht unterrichtet. Wir wissen vorläufig nur, daß eine ganze Reihe von Bedingungen erfüllt sein muß, damit Sonnenenergie Kohlensäure und Wasser zu organischer Substanz verknüpfen kann.

Nun wissen wir, wie schon in der Einleitung betont, daß in der Natur weder Energie verschwinden, noch aus nichts entstehen kann. Wenn Sonnenenergie zur Erzeugung von organischer Substanz verwendet wird, so muß sie irgendwo bleiben. Die Energie kann

die verschiedensten Formen annehmen. Wir kennen sicherlich noch nicht alle Arten, unter denen sie auftreten kann. Wir können nun ganz genau feststellen, wieviel Energie z. B. notwendig ist, um aus Kohlensäure und Wasser ein Molekül Zucker zu bilden. Zerlegen wir diesen wieder in die Ausgangsmaterialien Kohlensäure und Wasser, dann wird genau die gleiche Energiemenge frei, die verwandt worden ist, um das Kohlehydrat aufzubauen. Wir haben mit dieser Feststellung eine Tatsache von gewaltiger Tragweite kennen gelernt. Die organischen Nahrungsstoffe sind Energiespender! Wir verbrauchen Sauerstoff und atmen Kohlensäure aus und geben Wasser ab. Die beiden letzteren Verbindungen entstammen organischer Substanz. Der Sauerstoff dient zur Oxydation von solcher. In unserem Körper wird umgewandelte Sonnenenergie frei! Mit dieser leisten wir Arbeit, und halten wir unsere Körpertemperatur auf 37 Grad!

Wir sehen einen Kreislauf der Energie vor uns! Die Pflanze legt gewissermaßen Energie fest, wenn sie mittels Sonnenenergie aus Kohlensäure und Wasser in ihren Zellen organische Substanz bildet. Wir übernehmen mit der Pflanzennahrung nicht nur zahlreiche Stoffe, die wir zum Aus- und Aufbau unserer Zellen notwendig haben, sondern zugleich Material, aus dem unsere Zellen Energie frei machen können. Wir leisten mit ihr Arbeit und bilden Wärme.

Die Pflanze baut aus Kohlensäure und Wasser zahlreiche Verbindungen auf. Das Produkt, das sich uns ohne weiteres darbietet, ist die Stärke. Wir können direkt mittels der schon wiederholt erwähnten Jodreaktion verfolgen, wie im belichteten grünen Blatt Stärkekörner sich bilden. Decken wir einen Teil des Blattes mit einer Substanz ab, die Lichtstrahlen nicht hindurchläßt, z. B. mit Staniol, dann bleibt an der bedeckten Stelle die Stärkebildung ganz aus. Die Pflanze bereitet außerdem ungezählte Verbindungen, an deren Aufbau Stickstoff und andere Elemente, wie Schwefel, Phosphor usw. beteiligt sind. Es gibt einfache Lebewesen, die den Stickstoff der Luft verwenden können. Den höher organisierten Pflanzen ist das nicht möglich. Sie sind auf bestimmte Stickstoffverbindungen, wie Ammoniak und vor allem Salpeter angewiesen. Diese Stoffe werden mit den Wurzeln dem Boden entnommen.

Mit ganz wenigen, sehr einfachen Stoffen bereitet die Pflanze eine unübersehbare Fülle von Verbindungen. Sie erzeugt all die wundervollen Blütenfarbstoffe, die so mannigfaltigen Riechstoffe, zahlreiche Alkaloide, Bitterstoffe, Saponine, Kautschuk, Harze usw. usw. Uns sind solche Synthesen aus einfachsten Materialien versagt. Wir vermögen die Sonnenenergie nicht direkt zu verwenden. Immer müssen wir auf die Pflanze zurückgreifen.

Überall stoßen wir auf engste Beziehungen zwischen Pflanzen- und Tierwelt. Wir wollen als ein weiteres

Beispiel dafür den Kreislauf des Stickstoffs kurz streifen. Stirbt der tierische Organismus oder ein Glied der Pflanzenwelt, dann setzt sofort ein eigenartiger Prozeß ein, Autolyse genannt. Die Bestandteile der Zellen zerfallen. Es findet ein regelrechter Abbau der zusammengesetzten Zellteile statt, der Eiweißstoffe, der Nukleoproteide, der Fette, der Phosphatide, der Polysaccharide und damit auch vieler organisch-anorganischer Verbindungen. Wir treffen auf Dextrine, Peptone usw. Dieser Abbau wird durch die Zellfermente hervorgerufen. Es handelt sich nicht um einen ganz neuartigen Vorgang, vielmehr zerlegt die Zelle auch unter ganz normalen Verhältnissen während des Lebens die genannten Verbindungen, sofern sie die Abbaustufen zu irgendwelchen Zwecken nötig hat. Nur vollzieht sich die Zerlegung nach Bedarf in geregelten Bahnen. Nach dem Tode der Zellen fehlt jede Regulation. Dem Abbau steht auch kein Aufbau gegenüber. Bald kommt der durch die Autolyse in Gang gebrachte Zusammenbruch der Zellbestandteile energischer in Gang. Es wandern vom Darmkanal und später auch durch die äußere Haut ungezählte Bakterien in die Organe. Sie benutzen den Zellinhalt, die Zelltrümmer, als ausgezeichneten Nährboden. Da und dort wird auch der Körper von mancherlei Tieren: Ameisen, Käfern und auch höheren Organismen angenagt, und damit werden neue Eingangspforten für allerlei Mikroorganismen geschaffen.

Nach einiger Zeit ist der gesamte Zellstaat mit allen seinen wunderbaren Einrichtungen und seinen so fein

ausgearbeiteten Zellbestandteilen ganz und gar zertrümmert. Eine Bakterienart arbeitet der anderen in die Hand, und schließlich bleiben ganz einfache Produkte übrig. Es sind nämlich auch die Bausteine der erwähnten Zellbestandteile zerlegt worden. Kohlensäure und Wasser sind entstanden, ferner Ammoniak aus den Trümmern der Aminosäuren usw. Kurz und gut, es sind Produkte gebildet worden, von denen aus die Pflanze den Aufbau der verschiedenartigsten organischen Verbindungen beginnen kann. Da, wo eben tierisches Leben erlosch, entstehen sofort Lebensbedingungen für eine mannigfaltige Kleinlebewelt. Das Leben geht weiter! Bald sind dann die Bedingungen soweit gewandelt, daß auch höhere Pflanzen gedeihen können. Das Tier ist von der Pflanze abgelöst! Sie arbeitet mit den letzten Trümmern von einstmals ganz besonderen Funktionen angepaßten Zellbestandteilen. Nun sproßt und blüht sie! Sie bildet zahlreiche Stoffe, die für ganz bestimmte Funktionen bestimmt sind. Auch sie hat zahlreiche Zellen mit ganz bestimmten Aufgaben. Schon naht ein Tier und frißt unser wundervolles Kunstwerk! Wieder tritt eine weitgehende Zertrümmerung spezifisch aufgebauter Zellbestandteile auf. Wir werden bald hören, daß sich im Verdauungskanal des Tieres ein weitgehender Abbauprozeß vollzieht. Die Abbaustufen werden den Organen zugeführt und übernehmen neue Aufgaben.

Die aufgenommenen Produkte dienen in unserem Organismus mannigfaltigen Prozessen. Manche Zelle

muß ihren Bestand ergänzen. Da und dort ist eine Lücke entstanden. Die Zellen müssen allerhand Sekretstoffe bilden. Ferner brauchen sie Material zur Energiebildung. Schließlich gehen aus den aufgenommenen Stoffen bestimmte Stoffwechselendprodukte hervor. Die wichtigsten sind Kohlensäure, Wasser und Harnstoff. Der letztere enthält Stickstoff und entstammt dem Eiweiß resp. seinen Bausteinen. Er wird durch die Nieren ausgeschieden und findet sich im Harn. Dieser gelangt normalerweise in den Boden. Der Harnstoff wird in diesem durch Mikroorganismen in Ammoniak und Kohlensäure zerlegt. Das erstere wird dann durch bestimmte Bakterien zu salpetriger Säure und durch andere zu Salpetersäure oxydiert. Damit ist der Stickstoff in eine Form gebracht, in der die Pflanze ihn verwerten kann. Sie verwendet alle im Harn enthaltenen Stoffe nach geeigneter Zubereitung. Diese wird durch zahlreiche Mikroorganismenarten herbeigeführt. In gleicher Weise werden auch die Bestandteile des Darmrückstandes, des Kotes, verwandelt. Wir erkennen somit die gewaltige Bedeutung des Heeres der Kleinlebewelt als Vermittler zwischen Tier und Pflanze oder allgemeiner zwischen organischer Substanz und unorganischer. Ja wir können weiter gehen und sie in gewissem Sinne als Vermittler zwischen belebter und unbelebter Natur betrachten. Der Boden ist nicht tot, wie es auf den ersten Blick erscheinen möchte. Er ist im Gegenteil von ungezählten Lebewesen bewohnt, die alle in irgendwelchen Wechselbeziehungen zueinander

stehen. Man kann den Ackerboden geradezu als einen locker gefügten Organismus ansehen, in dem die einzelnen Zellen noch frei sind, d. h. noch keine in sich abgeschlossenen Organe bilden.

Es ist von außerordentlichem Reiz, den einzelnen Stoffen in der Natur zu folgen. Da wird soeben Kohle im Ofen verbrannt. Sie enthält Kohlenstoff, der dereinst in Form von Kohlensäure über unserer Erde geschwebt hat. Wir nehmen Wärme wahr. Es ist Sonnenlicht, das vielleicht vor vielen Jahrtausenden die Erde bestrahlt hat! Bei der Verbrennung entstehen Kohlensäure und Wasser. Irgendeine Pflanze übernimmt diese Produkte. Es wird organische Substanz gebildet und diese in den Bestand einer Zelle, z. B. eines Blütenblattes aufgenommen. Damit ist der Kohlenstoff mit dem Wasserstoff und dem Sauerstoff und vielleicht noch kombiniert mit Stickstoff Bestandteil lebendiger Substanz geworden. Die Blüte verwelkt! Ihre Bestandteile zerfallen. Es beginnt für die Abfallstoffe wieder eine Epoche in der unbelebten Natur!

In buntem Reigen durchzieht das einzelne Element, das Anteil am Bau von Zellen hat, das Weltall. Kohlenstoff, der in diesem Augenblick am Aufbau einer unserer Ganglienzellen teilnimmt, war vielleicht vor Jahrtausenden am Bau einer ebensolchen Zelle eines gewaltigen Ichthyosaurus beteiligt! Dann war er wieder Bestandteil jener wundervollen Baumfarne, wie wir sie in bestimmten Gesteinsformationen niedergelegt finden. Vielleicht ruhte er dann in Form von Kohle oder als

Anteil von kohlensauren Salzen Jahrtausende, um den Reigen von der Pflanze zum Tier, vom Tier in die Luft und wieder zur Pflanze von neuem aufzunehmen!

Der Mensch hat den Kreislauf der Stoffe und ganz speziell den des Stickstoffs gewaltsam gestört! Wir haben begonnen, unsere Abfallstoffe den Flüssen zuzuführen! Wir übergeben sie nicht mehr dem Ackerboden zur Zubereitung für die Pflanze. Ja sogar die Leichen werden verbrannt und damit der Stickstoff in Freiheit gesetzt. Dazu kommt, daß die Technik große Mengen von gebundenem Stickstoff zu allen möglichen Produkten: Farbstoffen, Arzneimitteln, Sprengstoffen usw. braucht. Auf der einen Seite wird speziell bei der Verbrennung organischer Substanz Stickstoff in eine Form übergeführt, in der er von den höheren Pflanzen nicht verwertet werden kann. Können doch nur wenige Lebewesen den freien Stickstoff binden und damit benützen. Auch wir vermögen mit ihm nichts anzufangen. Auf der anderen Seite düngen wir in hervorragendem Maße die Flora des Meeres. Gewaltige Stickstoffmengen werden diesem durch die Flüsse zugeführt. Dazu kommt, daß Bakterienarten überall und besonders auch im Ackerboden verbreitet sind, die gebundenen Stickstoff in Freiheit setzen und damit den Vorrat an solchem verringern. Gleichzeitig suchen wir aus jedem Acker soviel Ernten als nur möglich herauszuwirtschaften. Aus nichts kann jedoch keine Pflanze Substanzen aufbauen! Wir müssen dem Ackerboden, um Höchstleistungen zu erzielen, bestimmte

Stoffe zuführen. Dazu kommt, daß eine Umwandlung eines Elementes in ein anderes unter den für uns in Betracht kommenden Verhältnissen sicherlich nie vorkommt, d. h. die Pflanze kann nicht aus Stickstoff Phosphor machen. Fehlt solcher im Ackerboden, so nützt die umfassendste Stickstoffdüngung nichts, weil die Pflanze eine bestimmte Anzahl von Elementen braucht, um gedeihen zu können. Das berühmte Gesetz von Liebig besagt, daß für die Menge der Verwertung der einzelnen Stoffe der im Minimum vorhandene ausschlaggebend ist. Herrscht z. B. im Ackerboden Armut an Stickstoff in einer für die Pflanze verwertbaren Form, dann vermag die reichlichste Zufuhr von Phosphor den Ertrag des Bodens nicht zu steigern.

Es machte sich denn auch bald Mangel an Düngemitteln und besonders an gebundenem Stickstoff bemerkbar. Man suchte ihm durch Einfuhr von Guano*) und von Salpeter zu begegnen. Auch aus Kohle lassen sich bei der Gasbereitung stickstoffhaltige Verbindungen gewinnen. Die ersten beiden Quellen sind immer mehr in Anspruch genommen worden. Neue Länder traten als Abnehmer auf. Vor allem fing auch Amerika an, das Ackerland besser auszunützen. Gleichzeitig wurden die Salpeter- und vor allem die Guanolager immer

*) Wir entlassen unsere eigenen Abfallstoffe in die Flüsse, richten dadurch zugleich manchen Schaden in der diese bewohnenden Organismenwelt (z. B. Fische) an und beziehen mit großen Kosten die auf bestimmten Felsenriffen abgelegten Exkremente bestimmter Vogelarten!

weniger ergiebig. Jede „exotische" Vogelfeder auf dem Hute unserer Frauen verkündet, daß weniger Vögel zur Erzeugung von Guano am Leben sind! Nur der Stickstoff der Kohle läßt sich noch besser ausnützen, doch ist diese Quelle an gebundenem Stickstoff an und für sich nicht sehr ergiebig. Somit ergibt sich klar, daß bald gewaltiger Mangel an Stickstoffdünger auftreten müßte, wenn es nicht gelungen wäre, den Stickstoff der Luft mittels mannigfacher Methoden: Vereinigung von Stickstoff und Wasserstoff unter hohem Druck, Oxydation des Stickstoffs im elektrischen Flammenbogen, Bindung des Stickstoffs an Metallkarbide — in die gebundene Form überzuführen. Man erkennt ohne weiteres, welch bedeutungsvolle Leistung der Wissenschaft und der Technik in diesen Methoden vorliegt. Ohne sie wären wir sehr schlimm daran. Die Namen der Forscher auf diesem Gebiete — Frank, Haber usw. — werden unvergessen bleiben!

Was geschieht mit den Bestandteilen unserer Nahrung, bevor sie von den Zellen der Darmwand aufgenommen und damit in unsern Körper übergeführt werden?

Mit dieser Frage dringen wir bereits tief in grundlegende Probleme des ganzen Stoffwechsels ein. Es erhebt sich die Frage, ob wir die Bestandteile unserer Nahrung in dem Zustande übernehmen können, in dem

sie in dieser enthalten sind. Schon frühzeitig erkannte man, daß das in allen jenen Fällen nicht möglich ist, in denen die Nahrungsstoffe kolloiden Charakter haben. In diesem Zustand können sie nicht durch die Darmwand durchtreten. Das wird erst möglich, nachdem durch Abbau Produkte entstanden sind, die zu den Nichtkolloiden gehören. Bei genauer Überlegung der ganzen Verhältnisse traten Zweifel auf, ob eine Zerlegung kolloider Nahrungsstoffe in nicht kolloide genügt. Diesem Gedanken wollen wir etwas nachgehen. Er hat zu einer neuen Auffassung über die Bedeutung der Verdauung geführt.

Mit unserer Nahrung nehmen wir Zellen auf, gleichgültig, ob wir sie aus der Pflanzen- oder der Tierwelt beziehen. Jede einzelne Zelle hatte im Organismus, aus dem sie entstammt, bestimmte Funktionen zu erfüllen. Dementsprechend mußte sie auch in physiologischer und chemischer Hinsicht einen ganz bestimmten Bau haben. Wenn wir zwei Maschinen vor uns sehen, die verschiedene Leistungen vollführen, dann sind wir gewiß, daß beide einen verschiedenen Bau haben müssen. Wir können uns nicht vorstellen, daß zwei gleiche Maschinen Verschiedenes leisten. Genau ebenso wenig können Zellen mit verschiedenen Funktionen in ihrem Bau identisch sein. Schon dieser Hinweis macht es unwahrscheinlich, daß wir die Zellbestandteile ohne tiefgehende Veränderungen übernehmen können, denn es sollen unsere eigenen Körperzellen, die ganz andersartige Funktionen erfüllen, mit Material versehen werden.

Zahlreiche weitere Überlegungen und Beobachtungen führen uns zu der gleichen Überzeugung. Wir können z. B. eine ganze Reihe von Tieren — Kühe, Pferde, Schafe, Kaninchen — mit genau demselben Gras und Heu ernähren. Obwohl sie somit alle die gleiche Nahrung aufnehmen, behält doch jede Tierart ihre Eigentümlichkeit bei. Ferner können wir einen Löwen, einen Wolf, eine Katze, einen Hund, einen Adler, einen Hecht, einen Axolotl mit genau der gleichen Fleischart jahrelang füttern. Es gelingt uns nicht, irgendeinen Einfluß auf die Tierart zu gewinnen. Das gleiche ist der Fall, wenn wir einer solchen ganz verschiedenartige Nahrung geben. In der ganzen Natur bieten sich uns ungezählte solcher Beispiele dar. Wir erblicken eine Staude von allen möglichen Arthropoden bevölkert. Alle fressen die gleiche Nahrung und bleiben doch in ihren Arteigentümlichkeiten unbeeinflußt. Der Käfer bleibt Käfer und die Raupe Raupe! Ungezählte Bakterienarten ernähren sich auf dem gleichen faulenden Fleischstück! Wir können nicht nach Belieben eine Art in eine andere überführen, indem wir die Nahrung ändern.

Weiter. Wir beobachten das Wachstum eines Säuglings. Wachstum heißt Vermehrung von Zellmaterial, Anwuchs von Körpersubstanz. Der Säugling wächst rasch. Er verdoppelt beim Menschen nach etwa 150 Tagen das Geburtsgewicht. Verschiedene Säugetiere wachsen viel schneller. Die Maus hat schon nach vier Tagen das Anfangsgewicht verdoppelt. In dieser Zeit nehmen die Säuglinge nur Milch auf. Die Milch

der einzelnen Säugetierarten enthält die gleichen Bestandteile, nur ist deren Menge je nach der Tierart verschieden. Jede Tierart hat eine Milch von besonderer Zusammensetzung. Die Milch enthält Eiweißstoffe: Albumine, Globuline, Kaseinogen; ferner Milchzucker, Fette, Zitronensäure, Mineralstoffe, Wasser. Vor unseren Augen sehen wir, daß der Säugling aus den Milchbestandteilen Substanzen formt, für die wir keine direkten Beziehungen zu den Nahrungsbestandteilen erkennen können. Die Haare und Nägel wachsen. Sie bestehen aus einer besonderen Eiweißart, Keratin genannt. Sie muß aus den genannten Eiweißstoffen hervorgehen. Die chemische Untersuchung zeigt, daß zwar die gleichen Bausteine — Aminosäuren — anzutreffen sind, jedoch in ganz anderen Mengenverhältnissen. Es entstehen fortwährend neue rote Blutkörperchen. Diese enthalten Blutfarbstoff. Dieser zusammengesetzte Eiweißkörper hat auch keine direkten Beziehungen zu den Milchproteinen. Die Milch enthält als Kohlehydrat Milchzucker. Wir suchen im Säuglingsorganismus vergeblich nach diesem Zucker. Wir finden Traubenzucker, Maltose und Glykogen, jedoch nicht das erwähnte Disaccharid. Auch die Zellfette des Säuglings sind anderer Art als die der Milch.

Alle diese Feststellungen forderten immer dringlicher zu einem erneuten Studium des Verhaltens der einzelnen Nahrungsstoffe im Verdauungskanal auf. Man nennt die Gesamtheit der Prozesse, die die Nahrung in diesem erleidet Verdauung. Zunächst findet eine

mechanische Veränderung durch den Kauakt statt. Die aufgenommenen Stoffe werden zerkleinert, zerrieben, zerquetscht. Ferner wirken auf sie die sogenannten Verdauungssäfte mit ihren schon erwähnten Fermenten ein. Der Speichel hat solche, die bestimmte zusammengesetzte Kohlehydrate, wie Stärke, Glykogen, Maltose spalten. Im Magensaft treffen wir auf Fermente, die Eiweiß in Pepton überführen, den Milcheiweißstoff Kaseinogen zur Gerinnung bringen und Fette spalten. Im Darmkanal stoßen wir auf den Darmsaft und den Pankreassaft. Beide enthalten Fermente, die auf zusammengesetzte Kohlehydrate, auf Fette und Eiweißstoffe eingestellt sind.

Es waren umfassende Untersuchungen notwendig, um die Frage nach der Bedeutung der Verdauung klar beantworten zu können. Zunächst wurden die Bausteine der Nahrungsstoffe mit denen der Körperstoffe verglichen. Es wurden in den Mengen und vielfach auch in der Bindungsweise große Unterschiede gefunden. Es wurde versucht, bestimmten Nahrungsstoffen bis in die Gewebe hinein zu folgen. Rohrzucker ist z. B. leicht nachzuweisen, ebenso Milchzucker. Beides sind Disaccharide, die spielend leicht durch tierische Membranen hindurch diffundieren. Verfüttert man sie selbst in größeren Mengen, so begegnet man ihnen doch nicht in den Geweben. Das ist auffallend! Wir treffen nur Traubenzucker an! Der aus Rohrzucker sich bildende Fruchtzucker wird ebenso wie die aus Milchzucker hervorgehende Galaktose in Traubenzucker umgelagert.

Jedenfalls erfolgt zuerst eine Hydrolyse der beiden zusammengesetzten Zuckerarten. In der Tat enthält der Darmsaft Fermente, die diese Spaltung vollziehen können. Wir treffen im Darminhalt einfache Zucker, Glyzerin, Fettsäuren (resp. Seifen), Aminosäuren, d. h. die Bausteine der zusammengesetzten Nahrungsstoffe an. Schließlich ist es gelungen, sämtliche zusammengesetzten Nahrungsstoffe außerhalb des Körpers mittels der Verdauungssäfte vollständig in ihre Bausteine zu zerlegen. Endlich konnte einwandfrei bewiesen werden, daß die Bausteine der Nahrungsstoffe genügen, um ein Tier zu ernähren. Die Versuche wurden durch Monate hindurch fortgesetzt. Wachsende Tiere vermehrten ihr Körpergewicht, hungernde Tiere, die an Gewicht verloren hatten, erholten sich wieder und übertrafen am Schlusse der Versuche sogar das vor dem Beginn der Hungerperiode vorhandene Körpergewicht.

Mit der Feststellung, daß man mit Fettsäuren, Glyzerin, Aminosäuren, einfachen Kohlehydraten, Mineralstoffen, Wasser, Sauerstoff und den übrigen Bausteinen der Zellbestandteile Tiere über eine lange Zeit ernähren kann, mußte die Bedeutung der Verdauung in ganz anderem Lichte erscheinen. Die Verdauung hat offenbar den Zweck, die spezifische Struktur der Zellbestandteile unserer Nahrung durch tief gehenden Abbau vollständig zu zerstören. Wir dürfen nie übersehen, daß die Nahrung, die

wir aufnehmen, aus Bestandteilen zusammengesetzt ist, die bis dahin eine ganz bestimmte Funktion vermittelt haben. Sie passen in ihrer Art nicht in unseren Organismus. Wir nehmen z. B. Gemüse auf. Damit führen wir uns Zellbestandteile zu, die bei der Assimilation von Kohlensäure und Wasser beteiligt waren. Unsere Zellen haben keine solche Funktion zu erfüllen! Ein Bild soll das Gesagte veranschaulichen. Wir sollen eine bestimmte Maschine, die bis dahin eine ganz bestimmte Aufgabe erfüllt hat, in eine andere mit ganz anderen Funktionen verwandeln. Wir werden diesen Auftrag ablehnen, wenn uns nicht gestattet wird, die erstere Maschine in ihre Bestandteile zu zerlegen. Dürfen wir das, dann werden wir manche Räder und Achsen direkt weiter verwenden können. Andere Teile müssen wir umarbeiten und der neuen Funktion anpassen. Wieder andere Teile sind unverwendbar. Genau so verhält es sich mit der Verdauung. Wenn der Chemiker beauftragt wird, eine Verbindung A—B—C in A—C—B umzuwandeln, dann wird er sofort die erstere in die Bausteine A, B und C auflösen und dann A—C—B aufbauen.

Betrachten wir nun noch einmal kurz unsere wichtigsten Nahrungsstoffe. Stärke und Glykogen liefern beim Abbau Traubenzucker, die Fette Glyzerin und Fettsäuren, die Eiweißstoffe Aminosäuren. Niemand kann am Traubenzucker, an den Bausteinen der Fette und der Eiweißstoffe erkennen, welcher Natur das Ausgangsmaterial war. Die Verdauung nivelliert die hetero-

genen Nahrungsstoffe. In das Blut gehen die Bausteine der zusammengesetzten Nahrungsstoffe und nicht diese selbst über. Unsere Zellen erfahren nie, welcher Art die Nahrung war. Jahraus und -ein ziehen an den Zellen genau die gleichen Nahrungsstoffe vorbei. Dadurch wird der ganze Stoffwechsel einheitlich. Er kann in ganz bestimmten Bahnen verlaufen. Die Zellen können zur Bewältigung ihrer verschiedenen Aufgaben immer von dem gleichen Ausgangsmaterial ausgehen.

Vorausschauend hat Hamburger (Graz) von anderen Forschungen (Immunitätsforschung) ausgehend, noch bevor die chemische Forschung den eindeutigen Beweis erbracht hatte, den Satz ausgesprochen, daß die Verdauung die Erhaltung der Art sichert. Jede einzelne Art hat Zellen, die nach bestimmten Plänen aufgebaut sind. Dieser Artcharakter des Zellbaus und damit ihrer Eigenschaften wird vererbt. Er bleibt gesichert, weil die Nahrung keinen Einfluß auf das Zellgetriebe gewinnen kann. Für diese gegebene Anschauung des Zweckes der Verdauung sprechen noch mancherlei Beobachtungen. Umgeht man den Darmkanal, indem man einen Stoff direkt in die Blutbahn spritzt, oder unter die Haut oder in die Bauchhöhle, dann ergeben sich Erscheinungen, die bei der Verfütterung der gleichen Produkte nicht auftreten. Es seien einige kurz berührt. Spritzen wir Rohrzuckerlösung ein, dann erscheint der größte Teil davon im Harn. Der Organismus entledigt sich des für seine Zellen fremdartigen Stoffes durch die Nieren. Nehmen wir Eiweiß

zur Einführung in die Blutbahn, so können wir feststellen, daß das Blut ganz neue Eigenschaften gewinnt. Zunächst bemerken wir, daß im Blutplasma Fermente auftreten, die den betreffenden Eiweißkörper abzubauen vermögen. Es wird ihm in der Blutbahn durch Zerlegung sein Charakter genommen. Wir haben eine Verdauung im Blute. Wird nach einiger Zeit der gleiche Eiweißkörper wieder eingespritzt — in ganz geringer Menge —, dann beobachten wir das Eintreten eines eigenartigen Zustandes. Das Tier bekommt Krämpfe. Häufig stirbt es nach ganz kurzer Zeit. Wir sprechen von einem Schock. Ferner beobachten wir, daß beim Zusammenbringen von Blutserum von z. B. einem Hunde und einem Kaninchen sich nichts Besonderes zeigt. Wird jedoch dem letzteren Tiere vor der Blutentnahme Hundeblut eingespritzt, dann erhalten wir beim Zusammenfügen der beiden Tiersera einen Niederschlag von Eiweiß — Präzipitinbildung. Ferner vermag das Kaninchenserum jetzt Hundeblutkörperchen aufzulösen — Hämolyse. Kurz und gut, die Zufuhr von zusammengesetzten Stoffen mit Umgehung des Darmkanals führt zu Erscheinungen, wie wir sie niemals beobachten, wenn sie auf natürlichem Wege aufgenommen werden.

Bei dieser Gelegenheit sei kurz gestreift, daß jede Ansiedlung von Mikroorganismen in unserem Körper einer Zufuhr fremdartiger Stoffe mit Umgehung des Darmkanals gleich zu stellen ist. Die Bakterien leben bei Infektionen auf Kosten

unserer Gewebe. Sie bilden Abbaustufen, die dem Körper fremd sind. Sie sezernieren Produkte, wie sie unseren Körperzellen sonst niemals geboten werden. Schließlich stirbt mancher Mikroorganismus. Wir haben dann Zellbestandteile jenseits des Darmkanals, die ganz und gar nicht in unseren Zellstoffwechsel hineinpassen. Der Organismus wehrt sich. Er macht Fermente mobil, um durch weitgehenden Abbau das Fremdartige zu beseitigen. Auch die Krebszellen sind in gleichem Sinne als Fremdlinge zu betrachten.

Nicht unerwähnt mag bleiben, daß, wie schon eingangs hervorgehoben, mit der Feststellung, daß die Bausteine der zusammengesetzten Nahrungsstoffe zur Ernährung genügen, das Problem der künstlichen Darstellung der Nahrungsstoffe gelöst worden ist. Wir vermögen die wenigsten der zusammengesetzten Nahrungsstoffe aufzubauen, wohl aber können wir die einzelnen Bausteine im Reagenzglas bereiten. Praktisch kommt diese Art der Gewinnung der Nahrungsstoffe natürlich nicht in Frage, weil sie viel zu teuer und zu zeitraubend ist. Außerdem ist es nicht ohne Bedeutung, daß wir in der Nahrung in der Hauptsache nur zusammengesetzte Nahrungsstoffe aufnehmen. Diese haben einmal keinen besonderen Geschmack. Viele Stoffe, die einen solchen besitzen, verleiden uns mit der Zeit. Vor allem ist es von der größten Bedeutung, daß die zusammengesetzten Nahrungsstoffe im Magendarmkanal stufenweise zerlegt werden. Es wird so vermieden, daß auf einmal große

Mengen einfacher Bausteine zugegen sind. Es können vielmehr stets die eben gebildeten Spuren von einfachsten Abbaustufen zur Aufnahme gelangen. Das Blut wird auf diese Weise vor der Überladung mit bestimmten Stoffen geschützt.

Die tiefgehende Einwirkung der Verdauungssäfte auf die Nahrung können wir ohne weiteres am Inhalt des Magens und des Darmes erkennen. Während der erstere noch manchen Bestandteil der aufgenommenen Nahrung erkennen läßt, ist das beim Speisebrei (Chymus) des Darmes nicht mehr möglich. Sehr wichtig für die ausgiebige Verdauung ist der Umstand, daß der Magen seinen Inhalt nicht regellos in den Dünndarm entleert. Wir beobachten vielmehr, daß er zunächst gegen den Dünndarm — der dem Magen benachbarte Teil davon heißt Zwölffingerdarm — geschlossen ist. Nachdem der Magensaft einen Teil des Mageninhaltes verflüssigt hat, öffnet sich der Magen und entläßt etwas Chymus in den Darm. Viel kann nicht übertreten, weil der Magen sich rasch wieder schließt. Nach einiger Zeit wird wieder ein kleiner Teil des Speisebreies aus ihm entlassen und so fort. Es wird dadurch bewirkt, daß immer nur geringe Anteile des Mageninhaltes in den Darm gelangen. Es ist dies in mehrfacher Beziehung von größter Wichtigkeit. Der Mageninhalt ist stark sauer, denn er ist von dem Salzsäure enthaltenden Magensaft durchtränkt. Die Verdauungssäfte des Darmes wirken bei neutraler resp. schwach alkalischer Reaktion. Die Säure des Magens

muß durch das Alkali des Darm- und Bauchspeicheldrüsensaftes abgestumpft werden. Das wäre nicht rasch genug möglich, wenn große Mengen des Mageninhaltes auf einmal in den Darm übertreten würden. Ist die Säure des in den Darm übergetretenen Mageninhalts abgestumpft, dann öffnet sich der Magen wieder zur Entlassung einer weiteren Menge von Speisebrei. Sein Säuregehalt wirkt als Reiz und bedingt den Schluß des Magens. Auf diese Weise wird die Abgabe des Speisebreis aus diesem reguliert.

Die kleinen, aus dem Magen entlassenen Chymusanteile unterliegen einer eingreifenden Zerlegung durch die Darmfermente. Der Abbau erfolgt stufenweise. Die zur Aufnahme in den Körper fertiggestellten Produkte werden sofort von der Blutbahn oder den Lymphgefäßen übernommen und zunächst der Leber zugeführt. Die Darmschleimhaut besitzt ungezählte Erhebungen — Zotten genannt — in denen feinste Blutgefäße sich in immer feinere Zweige aufspalten. Es wird so eine ganz gewaltige Aufnahmefläche geschaffen. Das gleiche gilt für die Lymphbahnen.

Der Umstand, daß die gesamten, vom Darm aufgenommenen und dem Blut übergebenen Stoffe an ungezählten Leberzellen vorbeigeführt werden, ist von höchstem Interesse. Man gewinnt den Eindruck, daß die Leber eine Art von Kontrolle ausübt, ehe die einzelnen Produkte dem allgemeinen Kreislauf überantwortet werden. In diesem werden sie den einzelnen Zellen des Körpers zur Verfügung gestellt. Die Leberzellen

halten manchen Stoff zurück. Sie verwandeln ihn, lagern ihn ab oder bauen ihn zu neuen Verbindungen ab oder auch auf. Die Leber kann auch große Mengen von Wasser zurückhalten. Sie wirkt so in mannigfacher Hinsicht regulierend.

Wir haben schon der wichtigen Tatsache gedacht, daß im Verdauungskanal alle jene Fermente vorkommen, die notwendig sind, um die zusammengesetzten Nahrungsstoffe in ihre Bestandteile aufzulösen. Eine ganze Reihe solcher Stoffe arbeiten sich in die Hände, bis das kompliziert gebaute Gebäude in seine Bausteine zerlegt ist. Eine Ausnahme macht nur die Zellulose. Sie widersteht allen Fermenten des Darmkanals! D. h. der tierische Organismus bringt kein Ferment hervor, das auf dieses Polysaccharid eingestellt ist. Das ist eine Tatsache von fundamentalster Bedeutung. Sie ist für die Beurteilung der Ernährung mit Pflanzenkost von ganz besonderer Wichtigkeit. Nun bewohnen unseren Darm zahlreiche Bakterien. Darunter sind solche, die Zellulose abzubauen vermögen. Dadurch wird uns ein Teil dieses Kohlehydrates zugänglich. Wir kommen auf die Bedeutung dieser Darmbakterien — auch Darmflora genannt — noch zurück.

Sind wir nach dem Bau unseres gesamten Verdauungskanales für reine Pflanzennahrung oder für Fleischnahrung oder für ein Gemisch beider bestimmt?

Es ist für die verschiedensten Probleme unserer Ernährung von der allergrößten Bedeutung, zu wissen, für welche Nahrungsart unser Organismus eingestellt ist. Wir kennen Tiere, die ausschließlich von Fleisch leben. Wir nennen sie Fleischfresser oder auch carnivore Tiere. Andere nehmen nur Pflanzenkost auf. Es sind dies die Pflanzenfresser, auch Herbivore genannt. Sie sind nicht einheitlich, vielmehr unterscheiden sich Tiere, die Körner oder Früchte oder Blätter usw. als Hauptnahrung haben, in vielen Kennzeichen ganz scharf von einander. Endlich kennen wir Tiere, die ihre Nahrung aus beiden Reichen beziehen. Es sind dies die Allesfresser (omnivore Tiere). In welche Gruppe gehören wir?

Betrachten wir einmal einen reinen Pflanzenfresser und sehen wir uns sein Gebiß an. Es besteht z. B. beim Rind in der Hauptsache aus Zähnen, die eine breite Kaufläche besitzen. Beobachten wir das Rind beim Fressen, dann sehen wir, wie es den Unterkiefer auf und ab bewegt und ferner seitwärts. Es wird die Nahrung ausgiebig zermahlen, zerquetscht und zerrieben. Der Pflanzenfresser kaut gründlich.

Beim reinen Fleischfresser treffen wir auf ein ganz anderes Gebiß. Es ist zum Zerreißen und

Zerschneiden der Nahrung eingerichtet. Wir treffen bei den großen Raubtieren auf gewaltige Reiß- und Schneidezähne. Bei den kleinen sind die Größenverhältnisse geändert, nicht aber der Charakter des Gebisses. Eine seitliche Verschiebung des Unterkiefers ist kaum möglich. Das Raubtier kaut die Nahrung nur flüchtig. Im Nu ist die größte Mahlzeit bewältigt.

Im Gebiß des Allesfressers finden wir die Eigentümlichkeiten beider Gebisse vereinigt und dementsprechend abgeschwächt. Es stellt in gewissem Sinne die Resultante beider Gebißarten dar. Wir haben ausgesprochene Mahlzähne und Schneidezähne. Der Kiefer kann geringe seitliche Bewegungen ausführen.

Bei uns haben wir ganz entschieden die Merkmale des Allesessers. Diese Bezeichnung ist so zu verstehen, daß bestimmte Nahrungsmittel aus dem Pflanzen- und dem Tierreich zur Ernährung herangezogen werden. Nicht jedes Nahrungsmittel, besonders aus dem ersteren, ist für uns ergiebig verwertbar, wie wir bald erfahren werden.

Gehen wir weiter, dann stoßen wir beim reinen Fleischfresser ohne weitere Besonderheiten auf die Speiseröhre und daran anschließend auf den Magen. Die erstere stellt das Überleitungsrohr für die Nahrung aus der Mundhöhle nach dem Magen dar. Dieser ist einheitlich. Beim Allesesser haben wir ganz ähnliche Verhältnisse. Dagegen finden wir beim reinen Pflanzenfresser Einrichtungen ganz besonderer Art, die ohne Zweifel der Art der Nahrung angepaßt sind. Manche

Vögel haben Kröpfe, in denen sie Körner erweichen, manche einen Muskelmagen, der mit Horn ausgekleidet ist. In diesem kann die Nahrung zerquetscht und zerrieben werden. Die umfassendsten Einrichtungen treffen wir bei den Wiederkäuern an. Dem eigentlichen Magen sind große Kammern vorgelagert, in denen die Nahrung der feuchten Wärme, der Bakterientätigkeit und der Wirkung des Speichels ausgesetzt wird. Wir treffen im Anschluß an die Speiseröhre auf einen großen Vormagen und einen Netzmagen. Der letztere dient vornehmlich zur Aufnahme von Flüssigkeit. Der Inhalt des Vormagens ist seiner Herkunft nach leicht erkennbar. Wir sehen unveränderte Strohhalme, Blätter, Körner usw. Aus dem Vormagen steigt die Nahrung wieder in die Mundhöhle empor, um wieder gekaut zu werden. Das wiederholt sich so lange, bis der Bissen fein zermahlen ist. Dann gelangt er vermittels einer sinnreichen Einrichtung in den Blättermagen. Dieser ist einer Filterpresse vergleichbar. Man hat ihn auch mit einem Buch verglichen, zwischen dessen Seiten sich die Speise einschiebt. Dieser wird der größte Teil der anhaftenden Flüssigkeit entzogen. Betrachtet man den Inhalt des Blättermagens, dann ist man überrascht, anstatt der aus groben Bruchstücken von Halmen und Blättern bestehenden Masse des Vormagens ein Produkt anzutreffen, das aus ganz feinen Teilchen besteht. Nur ab und zu erkennt man noch ein Pflanzenorgan. Im ganzen hat man eine homogene Masse vor sich. Diese gelangt nun schubweise in den eigentlichen Magen, auch Lab-

magen genannt. Er ist im Vergleich zu den erwähnten, ihm vorgelagerten Organen auffallend klein. Niemand sollte versäumen, einen Wiederkäuermagen sich anzusehen! Er lehrt uns viel eindringlicher, als Worte es vermögen, welcher Vorbereitungen es bedarf, um Pflanzenorgane, wie Blätter, Halme usw. gut ausnutzbar zu machen!

Uns fehlen alle derartigen Einrichtungen vollständig. Man könnte als solche höchstens die sogenannte Schichtung der Nahrung im Magen ansprechen. Geben wir einem Hunde z. B. bei leerem Magen Milch, dann nach zwei Stunden rot gefärbte Kartoffeln und nach drei Stunden blau gefärbte, dann ergibt sich nach Tötung des Tieres und Durchschneiden des in einer Kältemischung (Eis-Salzgemisch) gefrorenen Magens, daß die zuletzt aufgenommene Nahrung die Mitte des Inhaltes des Magens einnimmt. Es folgt dann die rote Schicht. Der Magenschleimhaut unmittelbar anliegend ist die Milchschicht. Die Verdauung geht nun so vor sich, daß die der Magenwand unmittelbar benachbarten Teile seines Inhalts mit Magensaft durchtränkt werden. Er enthält Salzsäure. Nun verliert bei saurer Reaktion der Speichel seine Wirkung auf Kohlehydrate. Im Inneren des Mageninhaltes können jedoch jene Fermente, die auf solche eingestellt sind, so lange ihre Wirkung entfalten, bis alle Schichten vom Magensaft durchdrungen sind. Für die Zellulose spielt diese beschränkte Fortdauer der Kohlehydratverdauung im Magen keine wesentliche Rolle, weil ja kein Ferment

vorhanden ist, um sie zu spalten. Die Einwirkung der feuchten Wärme und der Salzsäure vermag sie nur etwas zu erweichen.

Dem Magen schließt sich der Darm an. Beim reinen Pflanzenfresser ist der Dünndarm sehr lang. In ihm kann die Darmflora noch lange Zeit auf die zellulosehaltige Nahrung einwirken. Beim Fleischfresser ist der Darm sehr kurz. Eine Ausnützung der Zellulose kommt bei ihm gar nicht in Frage. Sie fehlt ja auch seiner Nahrung ganz. Beim Allesfresser ist der Dünndarm von mittlerer Länge. Der Mensch gehört auch nach diesem Merkmal zu den Allesessern. Eine gewisse Ausnutzung der Zellulose ist gewährleistet.

Wir werden bei der Besprechung der Ausnutzung der in den verschiedenen Nahrungsmitteln enthaltenen Nahrungsstoffe auf die Frage zurückkommen, was wir tun können, um sie zu steigern.

Stehen die Verdauungssäfte stets zur Verfügung, oder ist ihre Abgabe an bestimmte Bedingungen geknüpft?

Nachdem wir die fundamentale Bedeutung der Verdauung für unsere Ernährung festgestellt haben, interessiert uns in ganz besonders hohem Maße die Frage, unter welchen Bedingungen die Verdauungssäfte abgegeben werden. Entgegen früheren Ansichten, hat die Erforschung der Sekretion der verschiedenen Verdauungssäfte zu dem Resultate geführt, daß sie nicht

immer fließen, sondern nur unter bestimmten Einflüssen. Wir verfügen in dieser Hinsicht über Erfahrungen am Menschen und an Tieren. Bei den letzteren hat man durch bestimmte Operationen die Tätigkeit der einzelnen Verdauungsdrüsen zur direkten Beobachtung gebracht. Man hat die Mündungen der Ausführungsgänge der Speicheldrüsen mit einem Stück der Wangenschleimhaut in die äußere Haut eingepflanzt und so bewirkt, daß ohne Veränderung der Drüse selbst und ihres Ausführungsganges der Speichel statt in die Mundhöhle nun nach außen fließt. Man kann ihn in einem mit einer Einteilung versehenen Gefäß auffangen. Man nennt die Operation: Anlegung einer Speichelfistel (vgl. Fig. 4). Es läßt sich nunmehr die Speichelabsonderung unter den verschiedensten Bedingungen quantitativ, d. h. der Menge nach, verfolgen.

Zeigen wir einem Hunde ein Stück Fleisch, dann beobachten wir nach kurzer Zeit das stark vermehrte Fließen von Speichel aus der Fistel. Wir erinnern uns hierbei der Tatsache, daß auch uns beim Anblick einer schmackhaften Speise das Wasser im Munde zusammenläuft! Bringen wir dem Hunde Kieselsteine in den Mund, so erfährt die Speichelsekretion keine Vermehrung. Der Hund kann sie mit der Zunge aus der Mundhöhle entfernen. Streuen wir dagegen in diese Sand ein, dann stürzt viel Speichel hervor. Mit ihm spült der Hund den Mund rein. Bringen wir Säure in den Mund, dann erfolgt auch eine lebhafte Sekretion. Der Zweck ist klar. Die Säure wird verdünnt.

Man hat interessante Versuche mit diesen Beobachtungen verknüpft. Man kann, wie es z. B. Pawlow, der russische Forscher, getan hat, dem Hunde nur dann Fleisch geben, wenn ein bestimmter Ton ertönt. Bald genügt das Anschlagen dieses Tones, um eine reichliche Speichelsekretion zu veranlassen! Der Hund

Fig. 4. Hund mit Speichelfistel.

erinnert sich, daß er bei seinem Ertönen regelmäßig Fleisch bekam!

Auch die Magendrüsen sezernieren nicht andauernd, sondern nur dann, wenn Nahrung aufgenommen wird, oder wenn Appetit auf solche erregt wird. Man nimmt einen Hund mit einer Magenfistel: ein Metallrohr, das verschlossen werden kann, führt durch die äußere Haut und die Magenwand in den Magen und gestattet das Abfliessen von Mageninhalt nach außen

(vgl. Fig. 5). Zeigt man dem Versuchstier z. B. Fleisch, dann beobachtet man, daß nach etwa fünf Minuten der Magensaft lebhaft zu fließen beginnt. Die Sekretion hält längere Zeit an. Man nennt diese ohne Nahrungsaufnahme angeregte Sekretion Appetitsaft. Interessant ist, daß sie fast plötzlich unterbrochen werden kann, wenn man den Hund ärgert — z. B. durch Vorzeigen einer Katze. Der große Einfluß von Ärger und Zorn auf die Abgabe von Magensaft ist auch beim Menschen festgestellt worden. Die ersten Beobachtungen dieser Art wurden an einem kanadischen Jäger gemacht. Ein Schuß in die Magengegend hatte zur Bildung einer Magenfistel geführt. Es ließ sich zeigen, daß auch beim Menschen der Appetitsaft vorhanden ist. Neuere Feststellungen an Menschen, denen aus irgendeinem Grunde eine Magenfistel angelegt worden war, bestätigen, daß Ärger für die Verdauung von größtem Schaden ist, indem die Abgabe von Verdauungssaft unterbrochen wird. Sie kommt erst nach längerer Zeit wieder in Gang! Nachdem wir diese Kenntnis besitzen, werden wir uns selbstverständlich niemals kurz vor, während und einige Stunden nach den Mahlzeiten ärgern!

Sehr lehrreich ist der folgende Versuch. Man nimmt zwei Magenfistelhunde. Dem einen verbindet man die Augen und auch die Nase und bringt ihm dann, ohne daß er davon etwas weiß, ein Stück Fleisch, um das ein Bindfaden geschlungen ist, durch das erwähnte Rohr — Kanüle genannt — in den Magen. Beim zweiten Hund

macht man das Gleiche, nur zeigt man ihm in Abwesenheit des ersten Hundes das Fleisch. Nach zwei Stunden ziehen wir bei beiden Hunden das Fleisch am Bindfaden aus dem Magen heraus. Es ist bei demjenigen wenig verdaut worden, der nichts von seiner Einführung in den Magen wußte. Dagegen ist im zweiten Fall die Verdauung schon weit fortgeschritten. Es hat hier eine lebhafte Sekretion des Magensaftes eingesetzt!

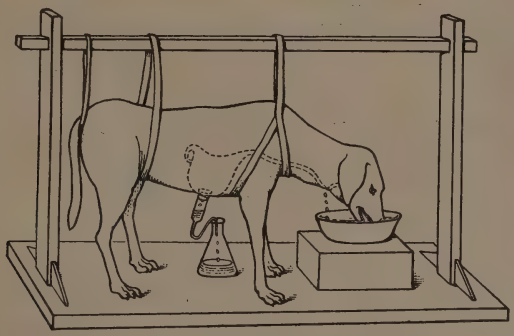


Fig. 5. Hund mit Magenfistel.

Der Darmsaft und der Pankreassaft fließen auch nur im Anschluß an bestimmte Anregungen. Schon das Vorzeigen von Fleisch bewirkt lebhafte Absonderung von Pankreassaft. Auch die Gallenabgabe wird durch ähnliche Momente beeinflußt.

Es sind viele Einzelheiten über die Bedingungen, unter denen die Verdauungsdrüsen sezernieren, bekannt geworden. Es mag hier die Feststellung genügen, welch hohe Bedeutung der Appetit für die Abgabe der

Verdauungssäfte hat. Es ist nicht gleichgültig, ob man mit solchem oder ohne ihn Nahrung aufnimmt. Die mit Blumen geschmückte Tafel erfreut unser Auge, die wohlzubereiteten Nahrungsmittel in gefälliger Form geboten, verbreiten eine behagliche Stimmung, der Appetit — die Lust zu essen — stellt sich ein. Ein und dasselbe Gericht immer in der gleichen Form geboten, verleidet es uns mit der Zeit. Die Kochkunst kann durch Herbeiführung von Abwechslung außerordentlich viel ausrichten, um unseren Appetit anzuregen!

Was geschieht mit den vom Körper aufgenommenen Nahrungsstoffen? Zu welchen Zwecken verwendet er sie?

Wir haben festgestellt, daß die zusammengesetzten Nahrungsstoffe unserer Nahrung bei der Verdauung stufenweise abgebaut und wohl zum allergrößten Teile in Form der entstehenden Bausteine von der Darmwand zur Aufnahme gelangen. Wir möchten nun gerne wissen, was unsere Körperzellen mit den einzelnen Nahrungsstoffen anfangen. Zunächst ist hervorzuheben, daß unser Organismus den Gesamtstoffwechsel von sich aus in bestimmten Grenzen durchführt und ihn den vorhandenen Leistungen anpaßt. Wir können nicht durch vermehrte Sauerstoffzufuhr oder durch vermehrte Zufuhr von Fett oder Zuckerarten den Stoffwechsel beliebig steigern. Nur die vermehrte Zufuhr von Eiweißstoffen und deren Abbaustufen bedingt

einen vermehrten Stoffumsatz. Führen wir mehr Zuckerarten zu, als der Körper gerade braucht, dann lagert unser Organismus diesen Überschuß im Körper ab, jedoch nicht in Form von Traubenzucker, sondern es wird dieser zu einem großen Molekül, Glykogen genannt, zusammengefügt. Dieses von uns früher schon erwähnte Reserve-Kohlehydrat wird einerseits in der Leber abgelagert und andererseits haben wir in unseren Muskeln mächtige Stapelplätze für diesen Zucker. Ferner kann der Organismus Zucker auch in Fett überführen und in dieser Form zum Ansatz bringen. Überschüssiges Fett wird im Fettgewebe abgelagert. Solches finden wir im Unterhautzellgewebe, und vor allem haben große Fettmassen zwischen den Bauchfellfalten Platz. Für Eiweiß haben wir keine größeren Lagerplätze, vielmehr hat jede einzelne Zelle einen bestimmten Reservevorrat. Wenn nun irgendwo im Körper Nahrungsstoffe gebraucht werden, ohne daß gerade eine Zufuhr vom Darm aus erfolgt, dann werden diese Reservevorräte in genau geregelter Weise in bestimmten Anteilen entnommen, dem Blute übergeben und an den Ort des Verbrauchs übergeführt. In besonders übersichtlicher Weise läßt sich dieses beim Zucker verfolgen. Wir wissen, daß die Muskeln in der Hauptsache mit Zucker arbeiten, d. h. die zur Arbeitsleistung notwendige Energie durch Abbau von Traubenzucker freimachen. Ist nun der eigene Vorrat an Zucker erschöpft, dann wird solcher dem Blute entnommen. Der Blutzucker würde nun sehr bald auf-

gebraucht sein, wenn nicht die Leber ihrerseits Glykogen abbauen und in Traubenzucker verwandeln würde. Dieser wird dann dem Blut übergeben und so bewirkt, daß der Zuckergehalt in diesem innerhalb enger Grenzen immer der gleiche ist. Steigt aus irgendeiner Ursache der Zuckergehalt im Blut über ein bestimmtes Maß an, dann entfernt die Niere das Zuviel an diesem Kohlehydrat, und es erscheint Zucker im Harn.

Eine solche Zuckerausscheidung im Harn können wir z. B. beobachten, wenn wir größere Mengen von Rohrzucker oder Traubenzucker auf einmal aufnehmen. Es gelangen dann auf einmal so große Mengen von Traubenzucker ins Blut, daß der Organismus diesen nicht rasch genug in Glykogen resp. in Fett überführen kann, und so strömt dann an den Nieren zuckerreiches Blut vorbei und veranlaßt diese, den Überschuß zu entfernen. Von größtem Interesse ist es, daß man den gesamten Zuckerstoffwechsel schwer stören kann, indem man die Bauchspeicheldrüse ganz aus dem Körper fortnimmt. Wir haben dann fortwährend eine Überschwemmung des Körpers mit Traubenzucker. Es werden dauernd größere Mengen von diesem mit dem Harn ausgeschieden. Sehr interessant ist auch die Beobachtung, daß man durch Verletzung einer bestimmten Stelle im verlängerten Halsmark bewirken kann, daß die Leber sofort das ganze Glykogen in Zucker verwandelt und an das Blut abgibt. Auch in diesem Falle erscheint Zucker im Harn. Alle diese

Beobachtungen sind auch in Hinsicht auf die Erklärung der Entstehung der Zuckerharnruhr des Menschen von grundlegender Bedeutung.

Über die Verwendungsweise der einzelnen Nahrungsstoffe ist uns zur Zeit das folgende bekannt: Wir wissen, daß ein Teil der Bestandteile unserer Nahrung zum Aufbau neuer Zellen und zur Ausfüllung von entstandenen Lücken in solchen verwendet wird. Beim wachsenden Organismus ist es ganz klar, daß fortwährend Nahrungsstoffe als Bausteine von Zellen Verwendung finden. Wir können ja mit der Wage verfolgen, wie beständig neues Gewebe gebildet wird. Aber auch beim erwachsenen Organismus haben wir durchaus keinen Stillstand in der Zellenneubildung. Viele Beobachtungen beweisen uns, daß auch in ihm beständig Zellen zugrunde gehen und solche neu gebildet werden. Ein Beispiel möge das belegen. Wir bemerken, daß unsere Nägel beständig wachsen. Das ist nur möglich dadurch, daß beständig neue Zellen gebildet werden, die dann verhornen. Ferner fallen beständig Zellen von unserer Haut ab. Sie müssen neu gebildet werden. Endlich werden ausfallende Haare wieder ersetzt. Wir wissen ferner, daß der rote Blutfarbstoff in engster Beziehung zum Gallenfarbstoff steht, der sich mit der Galle in den Darm ergießt. Wir können annähernd bestimmen, wieviel Gallenfarbstoff pro Tag durch die Galle abgeschieden wird und können daraus berechnen, wieviel Blutfarbstoff umgewandelt worden ist. Da wir wissen,

wieviel Blutfarbstoff sich in den roten Blutkörperchen befindet, so läßt sich die Zahl der roten Blutkörperchen, die zugrunde gehen müssen, um die entsprechende Menge an Blutfarbstoff zu liefern, leicht feststellen. Da nun die Zahl der roten Blutkörperchen normalerweise konstant bleibt, muß somit ein fortwährender Ersatz stattfinden. Selbst unsere Knochen befinden sich niemals in vollständiger Ruhe. Wir bemerken, daß beständig ein Ab- und Aufbau in ihnen stattfindet.

Die Nahrungsstoffe finden ferner zur Bildung bestimmter Sekrete Verwendung. Wir haben von diesen bereits bei der Verdauung gesprochen. Die Drüsenzellen entnehmen dem Blut bestimmte Stoffe und bereiten daraus spezifisch zusammengesetzte Produkte, die in Form von Sekreten nach außen abgegeben werden.

Eine Entdeckung von besonders großem Interesse ist die, daß wohl jedes Organ in irgendeiner Form Stoffe bildet, die für andere Gewebe von größter Bedeutung sind. Man hat auf diese Weise Wechselbeziehungen zwischen den verschiedenen Organen festgestellt und betrachtet als Sendboten bestimmte Stoffe. Sie sind im Gegensatz zu den nach außen gehenden Inkrete genannt worden. Wir haben schon erwähnt, daß der Organismus den Traubenzucker nicht verwerten kann, wenn die Bauchspeicheldrüse fehlt. Das ist offenbar so zu erklären, daß dieses Organ einen Stoff hervorbringt, der zur Durchführung des Zuckerstoffwechsels unentbehrlich ist. Nun hat man gefunden, daß, wenn die Schilddrüse in ihrer Funktion

versagt oder aber aus dem Körper entfernt wird, die schwersten Störungen auftreten. Bei wachsenden Tieren beobachtet man Wachstumsstörungen. Die Knochen

a und b, 4 Monate alt, stammen aus einem Wurfe.

a normales Tier (Kontrolltier).

b am 21. Lebenstage wurde die Schilddrüse vollständig entfernt.

a Fig. 6[1]) b

werden plump und sind häufig verkrümmt, und ferner beobachtet man vielfach Veränderungen der Haut. Be-

[1]) Nach von Eiselsberg aus Biedl, Innere Sekretion, S. 149, Urban & Schwarzenberg, Berlin W., 1913.

sonders auffallend ist das Zurückbleiben der Entwicklung der Intelligenz. Bei erwachsenen Organismen beobachtet man ebenfalls Veränderungen der Haut und schwerste Störungen in der Geistestätigkeit. Fig. 6b zeigt eine Ziege, der in der dritten Woche die Schilddrüse fortgenommen worden ist. Sie blieb klein und zeigte auffallend starken Haarwuchs. Die Haare ließen

a b

Fig. 7.

a Thymusloser Hund. b Normales Tier.
a und b Geschwister.

sich leicht büschelweise ausziehen. Die Hornbildung war stark verkümmert.

Schwerste Erscheinungen wurden festgestellt, als jungen Tieren die Thymusdrüse fortgenommen wurde. Die Fig. 7b zeigt einen normalen und Fig. 7a einen der Thymusdrüse beraubten Hund. Beide Tiere stammten aus dem gleichen Wurfe. Man sieht sehr deutlich das Zurückbleiben des Wachstums. Noch deutlicher erkennt man den Unterschied, wenn man einzelne Skelettteile betrachtet, vgl. Fig. 8[1]).

[1]) Ich verdanke die Abbildungen der Freundlichkeit des Herrn Dr. A. E. Lampé, München.

Außer der Schilddrüse und der Thymusdrüse haben wir am Halse die sehr kleinen Nebenschilddrüsen. Werden diese fortgenommen, dann tritt unter schwersten Krämpfen der Tod ein. Für noch manche anderen Organe sind nach Einstellung der Funktionen, sei es durch Er-

a b

Fig. 8. Schädel eines normalen (a) und eines der Thymus beraubten Hundes.

krankung, sei es durch Wegnahme auch ganz charakteristische Erscheinungen beobachtet worden. So wissen wir, daß, wenn wir die Geschlechtsdrüsen entfernen, die Entwicklung der sogenannten sekundären Geschlechtscharaktere unterbleibt.

Alle diese Beobachtungen zwingen uns zu der Annahme, daß kein einziges Organ für sich besteht, sondern daß alle unter sich Beziehungen unterhalten. Wird eine solche unterbrochen, dann treten sofort Störungen bestimmter Art auf, die dann weiter andere hervorrufen.

Diese Feststellungen sind für manche Störungen unseres Körpers von grundlegender Bedeutung geworden. Schon seit alten Zeiten war die Idee verbreitet, daß bestimmte Krankheiten durch Verfütterung bestimmter Organe heilbar seien. In der Tat hat es sich herausgestellt, daß man durch Verabreichung von Schilddrüse die nach Wegnahme dieses Organes auftretenden Erscheinungen sehr stark beeinflussen kann. Das gleiche ist der Fall, wenn Leuten, deren Schilddrüse entweder von Geburt an nicht vorhanden oder aber schwer verändert ist, Schilddrüsenubstanz zugeführt wird.

Fig. 9. Kaulquappen unter dem Einfluß von aus Schilddrüse bereiteten Stoffen.

Man hat nun versucht, aus diesen Organen die wirksamen Stoffe zu gewinnen und hat auch bereits einige Erfolge erzielt. Bemerkenswert ist, daß man mit

aus Schilddrüse gewonnener Substanz die Entwicklung von Kaulquappen sehr stark beschleunigen kann, während Stoffe, die aus der Thymusdrüse dargestellt worden sind, ihre Metamorphose verhindern. Fig. 9 zeigt Kaulquappen, die durch Schilddrüsensubstanz zu rascher Entwicklung gebracht worden sind. In Fig. 10 sind gleichalterige Kaulquappen dargestellt, die aus Thymus gewonnene Substanzen erhalten haben.

Fig. 10. Kaulquappen unter dem Einfluß von Thymusstoffen.

Zur Bildung der eben genannten Inkrete werden wahrscheinlich ganz bestimmte Bausteine bestimmter Nahrungsstoffe verwendet. Vielleicht spielen auch jene Stoffe eine Rolle, von denen wir bei der Frage nach dem Vorkommen bisher noch unbekannter Nahrungsstoffe gesprochen haben[1]).

Die geschilderten Verwendungsarten setzen voraus, daß unser Organismus imstande ist, aus den den Zellen zugeführten Baumaterialien neue Verbindungen hervorzubringen. Früher war man der

[1]) Vgl. S. 35 ff.

festen Überzeugung, daß einzig und allein die Pflanzenzelle in der Lage sei, durch Aufbau neue Produkte zu erzeugen. Die tierische Zelle sollte nur abbauen können. Es hat sich aber mehr und mehr herausgestellt, daß diese Anschauung nicht zutrifft. Auch die Pflanze baut ab, und vor allem ist nachgewiesen, daß die tierische Zelle auch mannigfaltiger Aufbauarten fähig ist. Die einzelne Zelle ist mit einer ganzen Reihe von Fermenten ausgestattet, die die zusammengesetzten Verbindungen zu zerlegen vermögen, und darüber hinaus können nun die entstandenen Abbaustufen über mannigfaltige Zwischenstufen weiter zerlegt werden, bis endlich die sogenannten Stoffwechselendprodukte entstanden sind. Man hat früher vielfach von Verbrennungsprozessen im tierischen Organismus gesprochen. Nach dem heutigen Stande der ganzen Forschung dürfen wir diesen Ausdruck nicht mehr verwenden, denn wir wissen, daß wohl in keinem Falle der Sauerstoff die Bausteine der Nahrungsstoffe mit einem Schlage in die Endprodukte verwandelt. Vielmehr erfolgen mannigfache Eingriffe: Spaltungen, Oxydationen, weitere Zerlegungen und wieder Oxydationen usw. In jedem Augenblick kann dieser Abbau stehen bleiben, und es können Beziehungen zu anderen Gruppen von Verbindungen geknüpft werden. So wissen wir, wie schon erwähnt, daß Kohlehydrate in Fett übergehen können, und ferner ist bekannt geworden, daß Bausteine der Eiweißstoffe, bestimmte Aminosäuren, in Traubenzucker überführt werden.

Die Erforschung des Zellstoffwechsels hat immer mehr gezeigt, daß die Vorgänge außerordentlich komplizierter Art sind. Die Zelle baut fortwährend ab und gleichzeitig auf. Sie ist nie in Ruhe. Fortwährend vollziehen sich physikalische und chemische Veränderungen, die wieder durch andere Vorgänge möglichst im Gleichgewicht gehalten werden. Ein vollständiges Gleichgewicht tritt wohl während des Lebens nie ein. Die Summe all dieser Erscheinungen bezeichnet man als Leben. Wir müssen offen bekennen, daß zur Zeit nur ein ganz kleiner Teil aller Zellvorgänge klar erkannt ist

Wir brauchen die Nahrungsstoffe noch zu anderen Zwecken. Wie schon erwähnt, führen wir uns mit den organischen Nahrungsstoffen Energie zu. Diese wird beim stufenweisen Abbau der genannten Verbindungen bruchstückweise frei und steht den Zellen zu bestimmten Leistungen zur Verfügung. Die Kohlehydrate und die Fette liefern als Stoffwechselendprodukte Kohlensäure und Wasser. Dieselben Produkte erhalten wir, wenn wir die genannten Nahrungsstoffe außerhalb des Körpers verbrennen. Wenn wir gleiche Mengen, z. B. je 1g Traubenzucker oder Fett, innerhalb unseres Körpers in Kohlensäure und Wasser überführen oder aber außerhalb durch Verbrennen in dieselben Endprodukte zerlegen, so erhalten wir in beiden Fällen genau dieselbe Energiemenge. Es liefert 1 g Kohlehydrat rund 4 große Kalorien. Die große Kalorie wird auch Kilogramm-Kalorie genannt. Eine solche entspricht der Wärmemenge, die notwendig ist, um 1 kg

Wasser von 0^0 auf 1^0 zu erwärmen. Es sei gleich hier bemerkt, daß eine Leistung von rund 425 kgm Arbeit notwendig ist, um diese Wärmemenge hervorzubringen. Man drückt das auch so aus: 1 Kalorie ist 425 kgm Arbeit gleichwertig (äquivalent). Man bezeichnet die große Kalorie auch abgekürzt mit Kal. 1 g Fett liefert 9 große Kalorien. Bei dem Eiweiß liegen die Verhältnisse anders als bei den genannten beiden Nahrungsstoffen, weil dessen Bausteine nicht so weit abgebaut werden, daß die gesamte in ihnen enthaltene Energie frei wird. Eiweiß liefert nämlich als Stoffwechselendprodukte Kohlensäure, Wasser und außerdem Harnstoff. Dieser wird durch die Nieren ausgeschieden. Er führt noch Energie mit sich. Der Versuch hat ergeben, daß 1 g Eiweiß in unserem Körper rund 4 große Kalorien liefert. Die den organischen Nahrungsstoffen entstammende Energie wird in unserem Körper zur Lieferung von Wärme und zur Arbeitsleistung verwendet. Es ist klar, daß die Infreiheitsetzung der Energie in feinster Weise geregelt sein muß, denn sonst könnten wir uns nicht erklären, weshalb unser Körper beständig eine gleichmäßige Temperatur von rund 37^0 aufweist.

Wir hätten damit über die Verwendung der Nahrungsstoffe in unserem Körper alles ausgesagt, was wir wissen, nur müssen wir noch betonen, daß alle gelösten Stoffe — und dazu gehören vor allen Dingen auch die Mineralstoffe — zur Herstellung eines bestimmten physikalischen Zustandes in der Zelle von allergrößter Bedeutung sind. Als Lösungsmittel dient ganz allein

das Wasser. Gewiß erfüllen unsere Nahrungsstoffe noch andere Aufgaben, in die wir zur Zeit noch keinen genauen Einblick haben.

Welcher Mengen der zur Ernährung notwendigen Nahrungsstoffe bedürfen wir?

Wir haben festgestellt, welche Nahrungsstoffe wir mit unseren Nahrungsmitteln zu uns nehmen. Wir haben uns dabei noch nicht mit der Frage beschäftigt, ob sie alle durchaus notwendig sind. Da Kohlehydrate in Fett übergehen können, wäre es ja denkbar, daß wir der Fette in der Nahrung entraten können. Ferner haben wir vernommen, daß bestimmte Eiweißbausteine Zucker liefern. Dieser könnte seinerseits wieder in Fett übergehen, d. h. die betreffenden Aminosäuren könnten unter Umständen Kohlehydrate und Fette entbehrlich machen, oder anders ausgedrückt, es drängt sich die Frage auf, ob wir nicht mit Eiweiß allein auszukommen vermögen. Ohne eine gewisse Eiweißmenge in der Nahrung können wir nicht auf die Dauer leben. Sie läßt sich nicht durch Kohlehydrate oder Fette ersetzen. Es ist dies leicht verständlich, wenn wir betonen, daß der tierische Organismus in allen seinen Zellen Eiweiß als unentbehrlichen Bestandteil enthält, und ferner beständig eine gewisse Menge Protein der Umsetzung unterliegt, und zwar auch dann, wenn er hungert, und wenn wir endlich hervorheben, daß die tierischen Zellen im Allgemeinen weder in Kohlehydrate noch in Fett

und ihre Abbaustufen Stickstoff einführen können. So bleibt als einzige Quelle für das Eiweiß der Zellen das Eiweiß der Nahrung mit seinen Bausteinen. Wir werden auf die Frage der Vertretbarkeit bestimmter Nahrungsstoffe durch andere noch zurückkommen.

Es interessiert uns nicht nur die Art der Nahrungsstoffe, die wir zur Bestreitung all der mannigfaltigen Bedürfnisse unserer Körperzellen brauchen, sondern ebenso stark die notwendige Menge davon. Können wir angeben, wieviel Kohlehydrate, Fette, Eiweißstoffe, Mineralstoffe, Wasser und Sauerstoff ein erwachsenes Individuum notwendig hat, und wieviel davon einem wachsenden zukommt? Dieser Frage wollen wir jetzt nachgehen, und zwar wollen wir uns zunächst mit dem Erwachsenen beschäftigen. Gewöhnlich nimmt man ein „Normalindividuum" von 70 kg Körpergewicht als Grundlage.

Die wichtigsten Methoden zur quantitativen Verfolgung des Stoffwechsels.

Es stehen uns verschiedene Methoden zur quantitativen Untersuchung des Stoffwechsels zur Verfügung. Sie stützen sich alle auf die in der Einleitung erwähnten Gesetze der Erhaltung des Stoffes und der Energie[1]). Würden sie bei uns nicht gelten, dann vermöchten wir keine Stoffwechselbilanz aufzustellen. Auch wäre es uns unmöglich, eingenommene Energie und ausgegebene in Beziehung zu bringen.

[1]) Vgl. S. 2.

Bei jeder Art von quantitativer Stoffwechseluntersuchung stellen wir eine Bilanz auf. Wir setzen den Einnahmen die entsprechenden Ausgaben gegenüber. Beide können sich gleich sein. Die Stoffwechselbilanz ist dann gleich Null. Wir sprechen von einem Stoffwechselgleichgewicht. Sind die Ausgaben größer als die Einnahmen, dann ist ein Verlust vorhanden. Die Bilanz ist negativ. Übertreffen dagegen die Einnahmen die Ausgaben, dann sprechen wir von einer positiven Bilanz. Zur Beurteilung einer Stoffwechselbilanz gehören viele Kenntnisse und Erfahrungen. Auch ist viel Kritik erforderlich. Kurzfristige Bilanzen gestatten nie sichere Schlüsse, weil nicht auszuschließen ist, ob nicht in die erste Zeit des Versuches in gewissem Sinne noch Einnahmen hineingreifen, die der Versuchsperiode vorausgegangen sind. Ferner können in der dem Versuche sich anschließenden Zeit noch Ausgaben in Erscheinung treten, die der eigentlichen Versuchszeit angehören. Nicht jede negative Bilanz ist eine wahre und nicht jede positive entspricht ohne weiteres einem Gewinn!

Was nun die Methoden anbetrifft, so können wir schon viele Schlüsse aus Beobachtungen über die Zusammensetzung und die Menge der frei gewählten Kost ziehen. In diesem Falle stellen wir in einer Haushaltung fest, was für Nahrungsmittel für eine bestimmte Mahlzeit bestimmt sind. Wir können ihr Gewicht bestimmen und dann einen aliquoten Teil der Analyse unterwerfen. Vielfach gibt man sich auch damit zufrieden, daß man

vorhandene Ergebnisse von Analysen von Nahrungsmitteln den Berechnungen zugrunde legt. Es können dabei erhebliche Fehler unterlaufen. Besser ist schon eine direkte Analyse. Man muß natürlich wohl zwischen dem Zustand der eingekauften Nahrungsmittel und dem der kochfertigen unterscheiden. Die Gemüse werden in der Küche geputzt, die Kartoffeln geschält, das Fleisch auch vielfach von allerlei Bestandteilen, wie Sehnen usw. befreit. Der entstehende Abfall kommt natürlich als Einnahme nicht in Betracht. Es genügt jedoch in Wirklichkeit auch nicht, wenn wir das kochfertige Material der Berechnung und Analyse zugrunde legen. Es kommt noch sehr darauf an, was bei der Mahlzeit übrig bleibt. Die Teller werden nicht von jeder Person gleich leer gegessen. Es können noch ganz erhebliche, sehr wertvolle Teile, wie Fett usw. während der Mahlzeit von der Aufnahme ausgeschlossen werden. Man erkennt, daß diese Methode der quantitativen Stoffwechseluntersuchung nur Annäherungswerte geben kann. Wertvoll werden die Ergebnisse erst dann, wenn die Untersuchung über eine größere Zahl von Individuen und Familien ausgedehnt wird. Man hat verschiedene Berufsarten untereinander verglichen. Erwähnt sei schon hier, daß wir an Stelle der einzelnen Nahrungsstoffe auch ihren Energieinhalt in Rechnung setzen können. Zu einer richtigen Bilanz kommen wir bei den erwähnten Untersuchungen erst dann, wenn wir auch die Ausgaben feststellen können. Dazu gehören jedoch besondere Einrichtungen.

Um zu ganz exakten quantitativen Stoffwechseluntersuchungen gelangen zu können, müssen wir in der Lage sein, Einnahmen und Ausgaben ganz genau zu bestimmen. Es sind hierzu eine Reihe von Methoden ersonnen und Apparate gebaut worden. Wir haben folgende Möglichkeiten. In vielen Fällen interessiert uns nur die Gegenüberstellung der Stickstoffzufuhr im Eiweiß und die Stickstoffausfuhr. Wir sprechen von einer Stickstoffbilanz. Dabei lassen wir den mit der Luft eingeatmeten Stickstoff, der nach den Gesetzen der Gasabsorption in einem bestimmten Anteil auch ins Blut übergeht, ganz außer Betracht. Wir wissen, daß dieser Stickstoff am eigentlichen Stoffwechsel gar keinen Anteil hat. Tiefer schürfende Studien können wir auf Grund der bloßen Stickstoffbilanz nicht ausführen. Wir wissen, daß die Bausteine der Eiweißstoffe Harnstoff liefern. Er erscheint im Harn und führt den Stickstoff mit sich und auch einen Teil des Kohlenstoffs des Eiweißes resp. der aus ihm hervorgehenden Aminosäuren. Der Rest des Kohlenstoffs mit dem Wasser- und Sauerstoffanteil unterliegt anderweitigen Umwandlungen — es sei z. B. an die Bildung von Zucker erinnert. Schließlich entstehen aus den nach der Abspaltung der stickstoffhaltigen Aminogruppe verbleibenden Kohlenstoffketten Kohlensäure und Wasser. Um somit den Eiweiß- resp. den Aminosäurestoffwechsel in seinem ganzen Umfang verfolgen zu können, müssen wir in Erfahrung bringen, wieviel an Kohlensäure und Wasser aus jenen Kohlenstoff-

ketten schließlich hervorgeht, und wieviel Sauerstoff zu der Bildung dieser Stoffwechselendprodukte verwendet wird. Die Verfolgung des Wasserstoffwechsels ist schwierig. Wasser entsteht aus gar vielen organischen Substanzen! Auch die Kohlensäure entstammt mehreren Quellen. Werden doch Kohlehydrate und Fette zu dieser und Wasser abgebaut! Wir können jedoch durch Rechnung herausbekommen, welcher Anteil an Kohlenstoff der ausgeschiedenen Kohlensäure umgesetztem Eiweiß zuzurechnen ist. Wir benützen hierzu die im Harn enthaltene Stickstoffmenge. Multiplizieren wir diese mit 6,25 (Eiweiß enthält im Durchschnitt 16 Proz. Stickstoff), dann erhalten wir annähernd die Eiweißmenge, aus der die betreffende Stickstoffmenge hervorgegangen ist. Wir kennen dann auch die Menge der umgesetzten Kohlenstoffmenge, weil uns die prozentische Zusammensetzung des Eiweißes an den einzelnen Elementen bekannt ist. Dabei setzen wir voraus, daß mit der Bildung der stickstoffhaltigen Stoffwechselendprodukte auch der endgültige Abbau der erwähnten Kohlenstoffketten Hand in Hand geht. Diese Voraussetzung ist willkürlich. Wir dürfen sie langfristigen Stoffwechseluntersuchungen jedoch ohne weiteres zugrunde legen.

Die Bestimmung des verwendeten Sauerstoffs und der gebildeten und ausgeatmeten Kohlensäure erfordert ganz besondere Apparate. Es sind jetzt solche gebaut worden, in denen nicht nur einzelne Menschen sich aufhalten können, sondern mehrere. Auch für Pferde, Rinder usw. sind derartige Einrichtungen kon-

struiert worden. Man stelle sich (vgl. Fig. 11) einen großen, absolut luftdichten Raum vor, dem durch eine Röhre Luft zugeleitet und durch eine solche Luft entführt wird. Man kann die Luft durch den Raum pressen oder saugen. Die Menge der zugeführten Luft bestimmt man mittels einer Gasuhr. Ebenso muß man die aus dem Stoffwechselraum austretende Luft durch eine solche streichen lassen. Die Kenntnis der Menge der in einer bestimmten

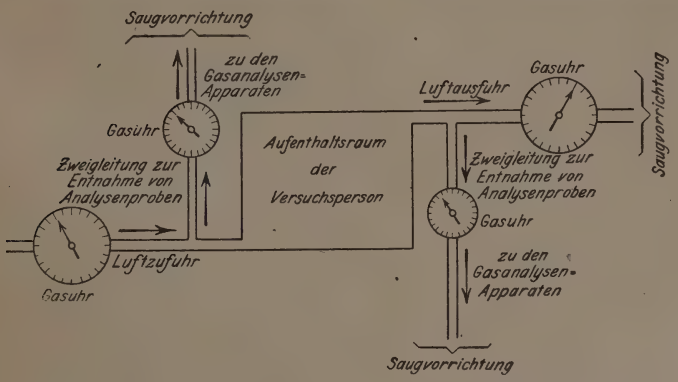


Fig. 11. Apparat zur Bestimmung des Gasstoffwechsels.

Zeit den Aufenthaltsraum der Versuchsperson durchstreichenden Luft genügt natürlich nicht. Wir müssen die Zusammensetzung der zu- und abgeleiteten Luft an Kohlensäure und womöglich an Sauerstoff kennen. Man kann nun nicht die gesamte Luftmenge analysieren. Es genügt, wenn von Zeit zu Zeit Proben entnommen werden. Zu diesem Zwecke besitzt das die Luft zu- und das diese ableitende Rohr einen Seitenzweig, aus dem

nach Belieben eine bestimmte Menge der eben zu- und abfließenden Luft entnommen werden kann. Eingeschaltete Gasuhren zeigen an, wieviel Luft zur Analyse entfernt worden ist.

Man nennt diese Art der Stoffwechseluntersuchung Bestimmung des Gasstoffwechsels. Man kann nun in einem solchen Apparate eine Person ruhen lassen und sehen, wieviel Sauerstoff sie verbraucht, und wieviel Kohlensäure sie abgibt. Man erhält so den sogenannten Ruhewert. Nun läßt man sie z. B. Arbeit leisten. Man studiert den Gasstoffwechsel beim Stehen, beim Gehen auf horizontaler Bahn, auf geneigter Bahn, man läßt springen usw. Die Person kann dabei ohne Nahrung sein, oder sie hat solche bestimmter Art und in bestimmter Menge aufgenommen. Stets bemerken wir einen bestimmten, je nach der Leistung verschiedenen Sauerstoffverbrauch und eine entsprechende Kohlensäureausscheidung. Jede Arbeitsleistung geht sofort mit einem Ansteigen des Sauerstoffverbrauchs und der Kohlensäurebildung einher. Wir verstehen das sehr gut, denn zu jeder Arbeitsleistung ist Energie erforderlich. Diese kann durch Spaltungsprozesse aus den Bausteinen und Abbaustufen der organischen Nahrungsstoffe gebildet werden, jedoch nur in beschränktem Umfange. Um den ganzen Energieinhalt zur Verfügung zu haben, ist der Abbau zu Kohlensäure und Wasser nötig. Dieser vollzieht sich vermittels des Sauerstoffs. Stellen wir der ausgeschiedenen Kohlensäure den verbrauchten Sauerstoff gegenüber, so

erhalten wir den Quotienten $\frac{CO_2}{O_2}$. Man nennt ihn den respiratorischen Quotienten. Er kann eine verschiedene Größe darstellen. Ist er gleich eins, dann schließen wir auf Kohlehydratverbrauch. Ist er kleiner als 1 (0,7—0,8), dann können wir sicher sein, daß vornehmlich Fette oder Eiweißstoffe oder beide resp. die Bausteine dieser Nahrungsstoffe abgebaut und oxydiert worden sind. Wir kommen zu diesem Schlusse, weil die Kohlehydrate in ihrem Molekül viel Sauerstoff enthalten. Es bedarf deshalb nur noch einer beschränkten Menge dieses Nahrungsstoffes, um aus ihnen die erwähnten Stoffwechselendprodukte hervorgehen zu lassen. Die Fette und Eiweißstoffe sind dagegen sehr sauerstoffarm. Daher ist eine größere Sauerstoffmenge notwendig, um zu den genannten Stoffwechselprodukten, Kohlensäure und Wasser, zu gelangen. Kennen wir die Menge des ausgeschiedenen Stickstoffs, dann können wir, wie oben angeführt, berechnen, ob Fette oder Eiweißstoffe oder beide zusammen den niedrigen respiratorischen Quotienten veranlaßt haben.

Wie schon S. 73 betont, werden bei der Muskelarbeit vornehmlich Kohlehydrate verbraucht. Es läßt sich das am Verhalten des respiratorischen Quotienten eindeutig beweisen. Auch durch Verfolgung der Stickstoffausscheidung während Arbeitsleistungen konnte gezeigt werden, daß die Proteine und ihre Bausteine unter gewöhnlichen Verhältnissen nicht zur

Leistung von Muskelarbeit herangezogen werden — es stieg die Stickstoffausscheidung nicht an, wie es hätte der Fall sein müssen, wenn die zur Arbeitsleistung notwendige Energie stickstoffhaltigen Produkten entnommen worden wäre.

Wir können fernerhin den Wasserstoffwechsel verfolgen, indem wir Einnahme und Ausgabe von Wasser vergleichen. Die Ausgaben sind nicht einheitlich. Wasser wird im Harn ausgeschieden, ferner durch die Haut (Transpiration von Wasser und Schweißbildung). Endlich wird die aufgenommene Luft stets mit Wasserdampf gesättigt, bevor sie in die Luftröhre und die Bronchien übertritt. Sie verläßt dann auch in diesem Zustand den Körper wieder. Auch der Kot führt Wasser mit sich. Wir nehmen den Nahrungsstoff Wasser in Form von Getränken auf. Ferner sind alle unsere Nahrungsmittel stark wasserhaltig (80—90 Proz. des Gewichtes). Bei dieser Gelegenheit sei erwähnt, daß wir selbst reich an Wasser sind! Ein Mensch von 70 kg Körpergewicht enthält etwa 50 Liter Wasser! Wasser bildet sich endlich, wie wiederholt erwähnt, beim Abbau der organischen Nahrungsstoffe.

Sehr wichtig ist endlich die Aufstellung einer Bilanz der Mineralstoffe. Wir können den Eisen-, Kalk-, Phosphor- usw.- Stoffwechsel verfolgen, wobei in den Einnahmen jedesmal das entsprechende Element dem in den Ausgaben enthaltenen gegenüber gestellt wird. Leider verfügen wir noch über zu wenig Untersuchungen dieser Art.

Wie bereits betont, können wir den gesamten Stoffwechsel auch vom Standpunkte der in der Nahrung enthaltenen Energie betrachten. Selbstverständlich müssen wir dann auch in den Ausgaben die Energiemenge feststellen. Wir gelangen so zu einer Energiebilanz. Die Verfolgung des Energiewechsels hat uns in den Stand gesetzt, eine große Anzahl von Problemen schärfer und exakter zu erfassen, als es früher der Fall war. Es hat besonders Rubner in dieser Richtung große Verdienste. Freilich geht es nicht an, den ganzen Nahrungsbedarf auf die eine Grundlage des Energieinhaltes stellen zu wollen. Es würden dabei viele sehr wichtige und absolut unentbehrliche Nahrungsstoffe, wie Wasser, Mineralstoffe, Sauerstoff zu kurz kommen, wenn wir bei der Zumessung der Nahrung ihre Zusammensetzung an einzelnen Stoffen vernachlässigen würden. Da wir jedoch unsere Nahrung mit ganz wenigen Ausnahmen nicht aus reinen Nahrungsstoffen zusammensetzen, sondern uns an Nahrungsmittel — also Gemische von solchen — halten, laufen wir nur in besonderen Fällen, auf die wir noch eingehen, Gefahr, unsere Ernährung durch Fortlassung lebenswichtiger Stoffe zu gefährden. Nehmen wir Fleisch auf, dann haben wir im wesentlichen Eiweiß als Material, das Energie liefern kann. Wir wissen, daß eine ganz bestimmte Menge von Energie notwendig ist, um den laufenden Funktionen zu genügen. Wir brauchen Energie zur Aufrechterhaltung unserer Körpertemperatur. Wir müssen sie entgegen einer für gewöhnlich niedrigeren

Außentemperatur behaupten. Das ist, da beständig Wärme durch Leitung und Strahlung und unter Umständen auch durch Wasserverdunstung verloren geht, nur durch einen beständigen Zufluß an Wärme möglich. Sie entstammt organischen Nahrungsstoffen. Nicht unerwähnt sei auch noch, daß wir bei den Mahlzeiten die aufgenommenen Speisen auf Körpertemperatur zu bringen haben. Die Erwärmung beginnt schon in der Mundhöhle. Ferner müssen wir die eingeatmete Luft auf 37 Grad erwärmen.

Wir brauchen ferner Energie zur Leistung von Arbeit. Hierbei ist zu beachten, daß auch im ruhenden Körper beständig solche vollbracht wird. Es schlägt fortwährend unser Herz. Dabei wird durch Muskelzusammenziehung Blut aus dem Herzen ausgeworfen. Diese Tätigkeit ist nur mittels Energie möglich. Ferner atmen wir ununterbrochen. Es muß dabei der Brustkorb entgegen seiner eigenen Schwere gehoben werden. Auch das ist nur mittels Muskelarbeit möglich. Ferner zeigt unser Darmkanal Bewegungen, und das gleiche ist z. B. bei den Harnleitern der Fall. Auch andere Muskulatur ist in Tätigkeit, ohne daß wir uns dessen bewußt werden. Wenn wir stehen, dann können wir unseren Körper nur dadurch im Gleichgewicht halten, daß wir beständig bestimmte Muskeln zusammenziehen. Auch wenn wir sitzen, müssen wir Muskeln in Tätigkeit setzen, und zwar vor allem, um zu verhindern, daß der Kopf vornüber fällt. Die Nackenmuskulatur hält ihn fest. Der Schwerpunkt des ganzen Kopfes

liegt nämlich etwas vor der Achse des Gelenks zwischen Schädel und erstem Halswirbel. Sobald wir gehen, kommen natürlich ganz erheblich mehr Muskeln zur Tätigkeit, und infolgedessen steigt der Energieumsatz ganz beträchtlich an. Für jede Arbeitsleistung läßt sich die Menge der notwendigen Energie berechnen. Wenn wir nun, um auf das Fleisch zurückzukommen, genötigt wären, aus dem in ihm enthaltenen Eiweiß den gesamten Energiebedarf zu decken, dann müßten wir von ihm viel aufnehmen. Gleichzeitig würden wir uns mit ihm viele Mineralstoffe und auch Wasser zuführen. Sauerstoff wird ohnehin bei jedem Atemzug aufgenommen. Gehen wir von Pflanzenkost aus, dann liegen die Verhältnisse nach dieser Richtung gleich, nur würden wir die organischen Nahrungsstoffe in einem anderen Mengenverhältnis erhalten. Während, wie schon betont, im Muskelfleisch Kohlehydrate und Fett zumeist stark zurücktreten, finden wir in der Pflanzennahrung viel Kohlehydrate, dagegen wenig Eiweiß und Fett. Mineralstoffe und Wasser nehmen wir auch mit dieser reichlich auf. Es wird nun verständlich, daß wir der Ernährung ein Maß zugrunde legen können, nämlich die Energie, das nicht ohne weiteres alle Nahrungsstoffe umfaßt.

Die Grundlage der ganzen Energiebilanz ist einerseits der Energieinhalt der Nahrung und andererseits die Energieausgabe. Als solche kommen die abgegebene Körperwärme und ferner Arbeitsleistungen in Betracht. Wir haben schon Seite 83 ff. betont, daß 1 g Zucker und 1 g Eiweiß je rund 4 Kal. und 1 g Fett 9 Kal. liefern.

Kennen wir den Gehalt einer bestimmten Nahrung an Kohlehydrat, Fett und Eiweiß, dann können wir nunmehr ihren Energieinhalt ohne weiteres berechnen. Nehmen wir an, daß wir uns 80 g Eiweiß, 500 g Kohlehydrate und 50 g Fett zuführen. Wir haben als Energie-Einnahme: $80 \times 4 = 320$ Kal. in Form von Eiweiß, $500 \times 4 = 2000$ Kal. in Form von Kohlehydraten und $50 \times 9 = 450$ Kal. in Form von Fett. Somit im Ganzen 2770 Kal.

Nun müssen wir nur noch zur Feststellung einer Energiebilanz besondere Einrichtungen haben, um die Energie-Ausgabe feststellen zu können. Gewöhnlich wird die gesamte Energie-Ausgabe in Form von Wärme gemessen. Wird Arbeit geleistet, dann wird diese nach den üblichen Methoden festgestellt und im Stoffwechselapparate in sinnreicher Weise in Wärme verwandelt. Zur Ausführung eines Versuches über den Energiewechsel sind kostspielige Apparate notwendig. Sie müssen so beschaffen sein, daß keine Energie der Beobachtung entgehen kann. Sie müssen sehr gut isoliert sein. Gewöhnlich sind diese Apparate so eingerichtet, daß sich der Gesamtstoffwechsel verfolgen läßt; d. h. es läßt sich zu gleicher Zeit der Energiewechsel feststellen, der Gaswechsel und der Stickstoffstoffwechsel. Ferner kann man natürlich zugleich auch den Wasser- und Mineralstoffwechsel bestimmen. Derartige Versuche sind allein imstande, um bei lange genug fortgesetzter Beobachtung uns ein umfassenderes Bild der Stoffwechselprozesse zu geben.

Die Zahl der Fragestellungen über den Verlauf des Stoffwechsels unter verschiedenen Bedingungen ist gewaltig groß. Es interessiert uns der Einfluß der äußeren Bedingungen — der Temperatur, der Bestrahlung, der Luftfeuchtigkeit, des Klimas, der Luftdichtigkeit (Ebene und Hochgebirge), der Arbeit, der Art und Zusammensetzung der Nahrung usw. usw. Ferner kommen Momente in Frage, die durch den Organismus selbst bedingt sind. Es kann sich um ein wachsendes Individuum handeln, um ein erwachsenes, um ein sehr altes, um ein hungerndes, ein wohlgenährtes, um ein gesundes, ein krankes, um ein solches, dem bestimmte Organe fehlen usw. usw. Dann kommt das ganze Heer der Fragen über den Einfluß dieser oder jener Stoffe auf den Stoffwechsel. Es ist klar, daß wir hier nicht allen diesen Problemen nachgehen können. Wir müssen uns auf ganz wenige, praktisch besonders wichtige beschränken. Hat man jedoch die Grundlagen des gesamten Stoffwechsels einmal verstanden, dann ist es ein leichtes, auch in die nicht hier behandelten Stoffwechselfragen einzudringen.

Uns interessieren hier im wesentlichen die folgenden Probleme. Wir haben festgestellt, daß unsere Nahrung eine bestimmte Menge von Eiweiß enthalten muß. Wie groß ist nun dieser Bedarf? Bei der Besprechung dieses Problems werden wir auf die praktisch wichtige Frage der Ausnutzung der verschiedenen Nahrungsarten stoßen. Ferner interessiert es uns, wie groß unser Bedarf an Nahrungsstoffen überhaupt ist.

Die Frage des Eiweißbedarfes.

Ohne Eiweiß resp. die in ihm enthaltenen Bausteine können wir auf die Dauer nicht auskommen. Beständig werden Eiweißstoffe abgebaut. Stets wird Harnstoff gebildet. Wird kein Eiweiß in der Nahrung zugeführt, dann wird trotzdem solches verbraucht. Die Zellen arbeiten zunächst mit ihren Reserven. Sie gehen sehr sparsam damit um. Der gesamte Stoffwechsel wird im Hunger eingeschränkt. Durch möglichste Ruhe wird der Energieverbrauch herabgesetzt. Die Stickstoffausscheidung im Harn — in Form von Harnstoff — sinkt auf ein Minimum herab. Schließlich stirbt der Organismus. Wir sagen, er ist verhungert. Kurz vor dem Tode beobachten wir ein starkes Ansteigen des Stickstoffgehaltes des Harnes.

Man hat dem Eiweiß aus verschiedenen Gründen stets große Aufmerksamkeit entgegengebracht. Einmal verlieh ihm die Unentbehrlichkeit ein besonderes Gepräge. Ferner besitzen unsere Zellen relativ viel Eiweiß. Am Eiweiß erkannte man besonders leicht gewisse Veränderungen, die mit seinem Zustand zusammenhängen. Es findet sich in den Zellen im kolloiden Zustand. Dieser kann mehr oder weniger leicht in andere Formen übergeführt werden. Erhitzt man eine Eiweißlösung, dann gerinnt sie. Wir können auch durch Zufügen von Neutralsalzlösungen Eiweiß aus seinen Lösungen ausflocken. Wir beobachten ferner Gerinnungen von Eiweiß unter biologischen Bedingungen. Das Blut gerinnt und auch die Milch. Wir

beobachten nach dem Tode Muskelstarre. Auch sie wird auf Gerinnung von Eiweißstoffen zurückgeführt. Man bekam den Eindruck, als ob die Eiweißkörper als Zellbestandteil eine ganz besondere Stellung einnehmen. Man sprach direkt von lebendigem und totem Eiweiß. Damit wollte man zum Teil zum Ausdruck bringen, daß das Leben an das unveränderte Eiweiß geknüpft sei. Wird solches in der Zelle verändert, dann kann diese zugrunde gehen. Diese Auffassung von lebendigem und totem Eiweiß läßt sich nicht aufrecht erhalten. Die Zelle zeigt in ihrer Gesamtheit Lebensprozesse. Jeder Teil ist wichtig. Es konnte kein Eiweißkörper isoliert werden, der noch „Leben" gezeigt hätte.

Wenn dem Eiweiß eine besondere Bedeutung zuerkannt werden muß, dann beruht dies auf der Unmöglichkeit der vollständigen Vertretung aller seiner Bausteine durch die anderen Nahrungsstoffe. Ferner wissen wir, daß die Aminosäuren besonders mannigfaltiger Umbildungen fähig sind, daß sie z. B. Beziehungen zu Zucker und damit indirekt zu den Fetten haben. Ferner haben wir allen Grund anzunehmen, daß mancher Sekretstoff der Zellen aus bestimmten Aminosäuren hervorgeht. Wir kennen z. B. einen von den Nebennieren hervorgebrachten Stoff, Suprarenin genannt, der enge Beziehungen zu aromatischen Aminosäuren besitzt. Es ist uns bekannt, daß auch z. B. Anteile der Gallensäuren mit Aminosäuren zusammenhängen. Überall begegnen wir im Zellstoffwechsel Umwandlungsprodukten, die zu Bausteinen der Eiweißstoffe, den Aminosäuren, in Beziehung stehen.

Wir haben festgestellt, daß wir in unserer Nahrung Eiweiß zu uns nehmen müssen. Es fragt sich, welche Mengen davon notwendig sind. Die Beantwortung dieser Frage ist nicht so einfach, wie vielfach angenommen wird. Gerade in den letzten Jahren ist ein lebhafter Meinungsaustausch über die zur Ernährung notwendige Eiweißmenge hervorgerufen worden. Er knüpft an Zahlen an, die der Stoffwechselphysiologe Voit seiner Zeit berechnet hat. Er stellte eine Standardkost für Erwachsene auf. Sie enthält rund 120 g Eiweiß, 500 g Kohlehydrate und 50 g Fett = 480 + 2000 + 450 Kalorien = 2930 Kal. (rund 3000 Kal.). Es ist nun lebhaft bestritten worden, daß wir diese große Eiweißmenge nötig haben. Es ist in einwandfreier Weise von einer Reihe von Forschern (Neumann, Chittenden, Hinhede, Röse, Abderhalden u. A.) gezeigt worden, daß eine ganz bedeutend geringere Eiweißzufuhr genügen kann.

Wir wollen uns zunächst kurz mit der Feststellung der Stickstoffbilanz beschäftigen. Wir bestimmen gewöhnlich nicht den Eiweißgehalt der Nahrung, sondern wir stellen ihren Stickstoffgehalt fest und nehmen an, daß dieser von Eiweiß herrührt. Es ist dies in keinem Falle absolut richtig, wenn wir Nahrungsmittel verabreichen. Stets sind neben Eiweiß noch andere stickstoffhaltige Verbindungen zugegen. Beim Fleisch ist deren Menge allerdings gering. Nehmen wir Pflanzenkost auf, dann müssen wir, wollen wir exakte Versuche ausführen, den Eiweißstickstoff mittels besonderer Methoden

feststellen. Soll eine Stickstoffbilanz ermittelt werden, dann muß die Versuchsperson den Harn quantitativ auffangen und ebenso den Kot. In beiden bestimmen wir den Stickstoffgehalt.

Wir wollen annehmen, daß die Versuchsperson 10 g Stickstoff = N erhalten hat. Innerhalb 24 Stunden soll sie im Harn 8 g N ausgeschieden haben. Der Kot enthalte 1,5 g Stickstoff. Aus diesen Werten läßt sich nun die Stickstoffbilanz leicht berechnen. Wir sagen uns, daß die Versuchsperson zwar 10 g N mit der Nahrung in den Verdauungskanal eingeführt hat, jedoch den Körperzellen nur 8,5 g zur Verfügung stellen konnte, denn es sind 1,5 g N unbenutzt im Kot liegen geblieben. Somit ist die wahre Stickstoffeinnahme = 8,5 g. 8 g N sind im Harn enthalten. Es ist dies die Stickstoffausgabe. Die Stickstoffbilanz beträgt somit: 8,5—8 g = + 0,5 g, d. h. es sind 0,5 g Stickstoff weniger ausgeschieden worden, als zugeführt worden sind. In welcher Form diese Stickstoffmenge im Organismus zurückgeblieben ist, sagt der Versuch nicht aus. Es braucht sich durchaus nicht um Eiweißansatz zu handeln. Wir würden somit eine positive Stickstoffbilanz vor uns haben. Sie erlangt erst dann Bedeutung, wenn sie über eine längere Zeitperiode beibehalten wird.

Wir wollen annehmen, es sei Stickstoffgleichgewicht eingetreten, d. h. N-Einnahme und N-Ausgabe halten sich das Gleichgewicht. Dürfen wir nunmehr zum Ausdruck bringen, daß die betreffende Versuchsperson 10 g Stickstoff sich zuführen

muß, resp. 8,5 g N für den Zellstoffwechsel notwendig hat? Können wir noch weiter gehen und sagen, daß jeder erwachsene Mensch diese Stickstoffmenge resp. die entsprechende Eiweißmenge: 6,25 × 8,5 g = rund 53 g notwendig braucht? Wir können beide Fragen auf Grund reichlicher Erfahrung bestimmt verneinen. Würden nur die Zahlen für die aufgenommene Eiweiß- resp. Stickstoffmenge zur Verfügung gestellt, dann müßte das ganze Ergebnis als nicht verwertbar betrachtet werden. Wir müssen nämlich wissen, wie die gesamte Nahrung der Versuchsperson zusammengesetzt war. Wir wollen auch wissen, wie alt sie ist, welches Körpergewicht sie hat, in welchem Zustande sie sich befindet. Wir wollen auch erfahren, ob sie sich während des Versuches in Ruhe befand, oder ob sie Arbeit leistete. Wir müssen alle diese Einzelheiten kennen, um den gleichen Versuch unter möglichst den gleichen Bedingungen an anderen Individuen wiederholen zu können. Die einfache Wiederholung zeigt, daß nicht unerhebliche Unterschiede im Stoffwechsel der einzelnen Individuen vorkommen. Wir sehen das auch an jedem Tierversuch. Wäre das nicht der Fall, dann könnten wir ohne besondere Versuche sofort auf Grund der Erfahrung angeben, wieviel Eiweiß bei einer bestimmt zusammengesetzten Nahrung pro Kilogramm Körpergewicht oder vielleicht besser pro Quadratmeter Körperoberfläche notwendig ist.

Wir wollen bei unserem Versuche bleiben und annehmen, daß die Versuchsperson 62,5 g Eiweiß, 500 g

Kohlehydrate und 50 g Fett erhalten hat. Wir verabreichen nun 100 g Eiweiß und beobachten, daß zwar die Menge des Stickstoffes im Harn ansteigt, jedoch nicht in dem Maße, daß die Stickstoffbilanz negativ würde. Sie wird im Gegenteil positiv sein können. Wir wollen annehmen, daß wiederum annähernd Stickstoffgleichgewicht eingetreten sei. Wir würden, wenn wir dieses Ergebnis ganz unbefangen betrachten und nur über dieses verfügen, den Eindruck gewinnen, daß diese 100 g Eiweiß absolut notwendig sind. Wir sehen somit, daß unser Organismus sich mit verschiedenen Eiweißmengen ins Gleichgewicht stellen kann. Diese Feststellung führt uns zu weiteren Versuchen. Wir fragen uns, ob nicht schon die 62,5 g Eiweiß der Nahrung an Menge zu viel waren. Wir gehen auf 7 g Stickstoffgehalt der Nahrung herab und wollen annehmen, daß im Kot pro Tag 1 g N enthalten sei. Somit betrüge die wahre Einnahme 6 g N. Im Harn sollen 6 g Stickstoff enthalten sein. Wir erkennen, daß wiederum Stickstoffgleichgewicht eingetreten ist. Es sei gleich bemerkt, daß diese Einstellung zumeist nicht sofort erfolgt. Man muß die Versuche über Wochen ausdehnen, um zu Ergebnissen zu kommen, die wirkliche Bedeutung für die gestellten Fragen haben. Nun gehen wir auf 6 g Nahrungs-N herunter. Wir wollen die Annahme machen, daß mit dieser Menge ein Stickstoffgleichgewicht nicht erreicht wird. Stets wird mehr Stickstoff ausgeschieden, als der Einnahme entspricht. Das sei auch bei 6,5 g N der Fall.

Kurz wir finden, daß bei der erwähnten Zusammensetzung der Nahrung 7 g N zugeführt werden müssen, um den Organismus vor Stickstoffverlust zu bewahren.

Haben wir nunmehr festgestellt, daß das betreffende Individuum soviel Eiweiß unter allen Umständen braucht? Haben wir gewissermaßen eine Eichung vorgenommen? Weitere Versuche müssen entscheiden. Wir ändern nunmehr die Nahrung im stickstofffreien Teil. Wir geben 10 g Kohlehydrate zu und finden, daß nunmehr 6 g Eiweiß-Stickstoff der Nahrung genügen. Unter diese 6 g kommen wir nicht, ohne daß die Stickstoffbilanz negativ wird. Nun führen wir noch 10 g Fett zu und siehe da, wir kommen noch tiefer herunter mit der Stickstoffzufuhr. Es genügen jetzt 5 g N zur Innehaltung des Stickstoffgleichgewichtes. Wir steigern die Kohlehydrat- und Fettzufuhr weiter. Es nützt dies nichts mehr. Die 5 g Nahrungsstickstoff bleiben notwendig. Wir sagen, wir haben das absolute Stickstoffminimum erreicht. Diese Menge Stickstoff resp. die dieser entsprechende Eiweißmenge braucht der betreffende Organismus auf alle Fälle. Lassen wir stickstofffreie Nahrungsstoffe in bestimmten Mengen fort, dann müssen wir die Zufuhr des Eiweißes mehr und mehr steigern. Wir finden, daß es neben dem absoluten Stickstoffminimum noch ein relatives gibt. Das ist von der allergrößten Bedeutung. Der Bedarf an Eiweiß ist abhängig von der Aufnahme der Mengen an stickstofffreien Nahrungsstoffen.

Es ergibt sich aus dieser Darstellung, der absichtlich ein fingierter Versuch zugrunde gelegt worden ist, um einfache Verhältnisse zu haben, daß die alleinige Angabe der in einem bestimmten Falle notwendigen Eiweißmenge nicht viel besagt. Wir müssen alle Einzelheiten des Versuches kennen. Man kann die ganzen Verhältnisse durch den folgenden Versuch besonders klar machen. Wir wählen einen Hund. Dieser kann ganz von magerem Fleisch leben. Er nimmt dann praktisch von organischen Nahrungsstoffen nur Eiweiß auf. Wir müssen dem Tier viel Fleisch geben, um es ins Stickstoffgleichgewicht zu bringen. Alle Funktionen müssen mit diesem Nahrungsstoff bestritten werden, vor allem auch der Bedarf an Energie. Eine ganz bestimmte Fleischmenge ist notwendig. Sie darf nicht unterboten werden, denn sonst büßt der Hund Stickstoff ein. Jene Menge an Fleisch stellt das relative Eiweiß- resp. Stickstoffminimum dar. Nun geben wir Speck zu der Nahrung. Wir können sofort mit der Stickstoffzufuhr heruntergehen. Es ist ein neues Stickstoffminimum erreicht. Schließlich gelangen wir zu jener Menge von Eiweiß, die absolut nicht ersetzbar ist. Diese Menge wird durch das absolute Stickstoffminimum dargestellt.

Daß Eiweiß in gewissem Grade durch Kohlehydrate und Fett ersetzt werden kann, wie es durch die Verschiebung des Stickstoffminimums innerhalb bestimmter Grenzen auf Zugabe von stickstofffreien Nahrungsstoffen zum Ausdruck kommt, ist verständlich, wenn man erfährt, daß für manche Funktionen alle organi-

schen Nahrungsstoffe in gleicher Weise dienen können. Es gilt dies z. B. für die Bildung von Wärme. Wir brauchen, wie schon erwähnt, stets Energie, um unsere Körpertemperatur aufrecht zu erhalten. Nehmen wir an, daß ein Mensch z. B. 2400 Kalorien braucht, um seinen Organismus auf 37 Grad zu erwärmen und die Herz- und Atemarbeit zu leisten. Geben wir nur Eiweiß, dann müssen wir in diesem die 2400 Kal. zuführen! Wir müßten somit 600 g Eiweiß aufnehmen! Geben wir 100 g Fett, dann sind sofort $100 \times 9 = 900$ Kal. durch dieses gedeckt. Es verbleiben noch 1500 Kal. für Eiweiß übrig. Fügen wir der Nahrung noch 300 g Kohlehydrate hinzu, dann sind weitere 1200 Kal. in der Nahrung vorhanden. Um 2400 Kal. zur Verfügung zu haben, sind nunmehr nur noch 300 Kal. in Form von Eiweiß zuzuführen, d. h. $300 : 4 = 75$ g Eiweiß. Wir können natürlich nicht durch diese Überlegungen berechnen, wieviel Eiweiß nun der betreffende Organismus nötig hat. Der Versuch müßte ergeben, ob eine Nahrung, die aus 100 g Fett, 300 g Kohlehydraten und 75 g Eiweiß besteht, ausreichend ist. Fernermüßte versucht werden, durch weitere Zugaben von stickstofffreien Nahrungsstoffen die notwendige Stickstoffmenge weiter herabzudrücken, d. h. der Versuch müßte die unbedingt notwendige, absolut unersetzbare Eiweißmenge klarstellen.

Eines geht ganz klar aus dem eben Mitgeteilten hervor: Es gibt nicht ein bestimmtes Eiweißminimum, das für jede Art der Ernährung gilt. Ferner ist die bei einer bestimmten Art der Zusammen-

setzung der Nahrung notwendige Eiweißmenge nicht bei jedem Individuum gleich. Bei ein und demselben Individuum kommt das Alter, der Ernährungszustand usw. in Frage.

Sollen wir nun unsere Ernährung so einrichten, daß wir mit einer möglichst geringen Eiweißmenge auskommen, d. h. sollen wir möglichst das absolute Eiweiß- resp. Stickstoffminimum durch Erhöhung der Menge der stickstofffreien Nahrungsstoffe einhalten? Wir möchten diese Frage ganz entschieden verneinen. Es ist richtig, daß man unter ganz bestimmten Bedingungen sogar mit 4 g Stickstoff im Tag (gleich rund 30 g Eiweiß) auskommen kann. Dagegen ist nicht bewiesen, daß diese Menge unter anderen Bedingungen auch genügt. Das Gegenteil ist vielmehr der Fall. Würden wir unsere Kost auf eine möglichst tiefe Eiweißgrenze einstellen, dann würden wir Gefahr laufen, sie vielfach zu unterbieten. Wir würden uns in der Lage einer Person befinden, die gerade so viel verdient, daß sie mit Mühe und Not ihre Ausgaben decken kann. Sie bleibt so lange schuldenfrei, als nicht größere Ansprüche zu befriedigen sind. Eine einmalige Überschreitung der Einnahmen bewirkt, daß das mühsam aufrecht erhaltene Gleichgewicht für immer in Unordnung gerät. Wir müßten ferner in gewissem Sinne jede Person bei einer bestimmten Nahrung auf ein bestimmtes Eiweißminimum eichen. Jede Erkrankung kann sofort erhöhte Anforderungen an den Eiweißbedarf stellen und unsere

Berechnung durchkreuzen. Wir dürfen den Stoffwechsel nicht zu schematisch betrachten! Wir müssen bei der Wahl der Nahrungsmengen dem Stoffwechsel eine gewisse Breite für Schwankungen zugestehen.

Eine Tatsache ist unzweifelhaft richtig: es ist nicht nötig, 120 g Eiweiß aufzunehmen. Diese Menge ist im allgemeinen entschieden zu hoch gegriffen. Wir kommen mit weniger Eiweiß aus. Die bisherige Erfahrung hat gezeigt, daß 80 und vielleicht sogar 60 g Eiweiß genügen dürften. Nur viele Jahre umfassende Versuche und Beobachtungen können die ganze Frage endgültig entscheiden. Eine dauernd zu geringe Eiweißzufuhr könnte unter Umständen nach Jahren sich als doch nicht gleichgültig für manche Funktionen erweisen. Die während des Krieges gemachten Erfahrungen sprechen dafür, daß man mit den besprochenen Eiweißmengen ohne bemerkbare Störungen auskommen kann.

Unter allen Umständen ist bei der Frage nach der notwendigen Eiweißzufuhr immer zu beachten, daß wir die wahre Stickstoffaufnahme in Rechnung ziehen müssen. Die Ausnützung der Nahrung ist bei verschiedenen Personen sehr verschieden. Bei ein und derselben Nahrung kann viel oder wenig Kot übrig bleiben! Es kann z. B. bei einer Aufnahme von 8 g Stickstoff, die eine Person im Kote 1 g Stickstoff enthalten, die andere 3—4! Die eine nimmt dann in Wirklichkeit 7 g und die andere nur 5—4 g N auf!

Kurz gestreift sei die Frage nach der vielfach

behaupteten Schädlichkeit der über den Bedarf hinausgehenden Eiweißzufuhr. Es sind alle möglichen Stoffwechselkrankheiten speziell mit dem Fleischgenuß in Verbindung gebracht worden. Es ist die Möglichkeit durchaus vorhanden, daß ein übermäßiger Fleischgenuß auf die Dauer zu Störungen führt. Exakte Beweise für eine solche Annahme liegen jedoch nicht vor. Vor allem ist nicht bewiesen, daß solche gerade auf das Eiweiß des Fleisches zurückzuführen sind. Es könnten auch andere Bestandteile des Fleisches maßgebend sein. Man darf nicht aus dem Umstand, daß die Pflanzenkost in manchen solchen Fällen gute Wirkungen zeigt, unmittelbar auf Schädigungen durch Fleisch schließen. Die Forschung muß hier viel tiefer schürfen! Nur eines wissen wir bestimmt. Erhöhte Eiweißzufuhr bedingt erhöhten Eiweißumsatz, und zugleich wird der ganze Stoffwechsel vermehrt. Die Möglichkeit ist zuzugeben, daß diese Steigerung des Stoffwechsels eine unnötige Belastung des Organismus darstellt. Aus diesem Grunde ist eine Beschränkung der zu großen Eiweißzufuhr empfehlenswert. Niemals, das sei nochmals hervorgehoben, dürfen wir jedoch die Frage des Eiweißbedarfs ohne Berücksichtigung der in der Nahrung zur Verfügung stehenden stickstofffreien Nahrungsstoffe betrachten. Es geht dies zur Genüge aus den Ausführungen über das relative und absolute Stickstoffminimum hervor.

Noch ein kurzes Wort über die Bedeutung der Aufsuchung des zu jeder Art der Zusammensetzung der

Nahrung zugehörenden Eiweißminimums für die Forschung! Sie bietet die einzige Möglichkeit, um uns vor sehr schweren Täuschungen zu bewahren. Nehmen wir an, wir hätten z. B. einem Individuum 10 g N zugeführt, davon sollen 9 g zur Aufnahme gelangt sein. Wir lassen nun die Menge der stickstofffreien Nahrung unverändert und stellen uns die Frage, ob das Gemisch von Aminosäuren, das man aus Eiweiß bei der Spaltung erhält, für dieses eintreten kann. Wir ersetzen z. B. 50 Proz. des Eiweißstickstoffes durch das Aminosäuregemisch. Wir finden daß die Stickstoffbilanz unverändert bleibt. Gibt uns das ein Recht zu sagen, daß jene Aminosäuren vollwertig für Eiweiß eingetreten sind? Es ist dies nicht der Fall, denn es wäre, da nicht geprüft worden ist, ob jene 10 resp. 9 g Eiweißstickstoff das Stickstoffminimum darstellen, wohl möglich, daß die nach Zufügung der Aminosäuren verbleibenden 5 g Eiweißstickstoff auch noch genügen! Eindeutig wird der Versuch, wenn wir zuerst zeigen, daß x g Eiweißstickstoff absolut notwendig sind und dann einen Teil des Stickstoffs in anderer Form zu geben versuchen. Am klarsten liegen die Verhältnisse, wenn man den gesamten Eiweißstickstoff fortlassen und durch andere Stickstoffverbindungen ersetzen kann. Solche Versuche sind z. B. mit vollständig bis zu Aminosäuren abgebauten Eiweißstoffen durchgeführt worden. Es gelang ein vollwertiger Ersatz. Ferner konnte gezeigt werden, daß Leim kein vollwertiges Eiweiß ist. Es fehlen ihm bestimmte Bausteine. Fügt man diese hinzu, dann kann er Eiweiß voll ersetzen.

Die Ausnutzung der verschiedenen Nahrungsmittel im Darmkanal.

Wir haben bereits betont, daß nicht die Menge der dem Verdaungskanal zugeführten Nahrungsstoffe maßgebend ist, sondern die zur Aufnahme gelangenden Anteile. Sie allein stehen den Zellen zur Verfügung. Es ist dies etwas ganz Selbstverständliches, und doch wird diese grundlegende Tatsache fortwährend übersehen. Man hat Tabellen in großer Zahl verbreitet, in denen die Analysenergebnisse der Untersuchung zahlreicher Nahrungsmittel mitgeteilt sind. Vielfach beziehen sich die Zahlen auf das Trockengewicht der Nahrungsmittel, vielfach sind sie auch wenig exakt. Nun wird an Hand dieser Zahlen beurteilt, ob ein Nahrungsmittel besonders wertvoll ist oder nicht. Man übersieht dabei: 1. daß ein Nahrungsmittel, das nach seiner Zusammensetzung wertvoll erscheint, viel an Wert einbüßen kann, weil es vielleicht sehr schlecht ausgenützt wird. 2. Manches Nahrungsmittel besticht uns durch den hohen Gehalt an einem bestimmten Nahrungsstoff. Wir vergessen zu überlegen, ob wir von ihm auch genügend aufnehmen können! Es kann ein Nahrungsmittel z. B. 50 Proz. mehr Eisen enthalten als ein anderes. Vermögen wir jedoch von dem letzteren z. B. die dreifache Menge aufzunehmen, als vom ersteren, dann ist das letztere, wenn es nur auf die Eisenzufuhr ankäme, doch wertvoller!

Wir müssen somit unter allen Umständen Aus-

nutzungsversuche anstellen. Wir stellen dabei fest, wieviel Nahrungsstoffe im Kote verbleiben. Zumeist interessiert uns besonders der Gehalt an stickstoffhaltigen Materialien. Fleisch wird ganz ausgezeichnet ausgenützt. Es besteht in seinem organischen Teil fast ganz aus Eiweiß. Dieses wird im Magen und dann im Dünndarm leicht zerlegt. Dabei wird der ganze übrige Inhalt der Muskelzellen freigelegt und zur Aufnahme in die Darmwand vorbereitet. Nur Bindegewebe, elastische Fasern, Leimsubstanzen werden schwerer angegriffen. Der Magensaft ist für ihre Zerlegung ganz besonders bedeutungsvoll. Wir dürfen, wenn wir Fleisch verabreichen, ganz allgemein mit einer sehr guten Aufnahme rechnen. Wenn natürlich Darmerkrankungen vorhanden sind, dann liegen die Verhältnisse anders. Mit diarrhoischem Stuhl können z. B. viele wertvolle Nahrungsstoffe verloren gehen. Der Darm entleert sich, bevor die Verdauung und die Resorption zu Ende kamen.

Ganz anders liegen die Verhältnisse bei der Pflanzenkost. Sie ist vielfach schwerer ausnutzbar, und zwar wegen ihres Gehaltes an Zellulose. Wir haben schon festgestellt, daß dieses Polysaccharid sehr widerstandsfähig ist. Es wird im Darmkanal von bestimmten Bakterienarten abgebaut. Diese ernähren sich mit den gebildeten Abbaustufen. Sie erzeugen aus ihnen auch mancherlei tiefere Abbauprodukte: Methan und andere Kohlenwasserstoffe. Die Gasbildung kann unter Umständen einen recht großen Umfang annehmen! Bei

diesen Abbauprozessen der Zellulose durch Bakterien haben wir einen doppelten Vorteil. Einmal können wir manche der dabei sich bildenden Produkte durch Aufnahme in die Darmwand der Darmflora entziehen. Wesentlich ist vor allen Dingen, daß durch die Auflösung der Zellulose Zellinhalt erschlossen wird.

Vielfach ist das so wichtige Problem der Zelluloseausnutzung sehr einseitig betrachtet worden. Man sagte, daß es von keiner so großen Bedeutung sei, ob wir nun im Kote viel Zellulose abgeben oder nicht. Ob viel Kot oder wenig, mache nicht soviel aus. Wir könnten ja ohnehin nur einen gewissen Anteil der Zellulose verwerten. Man darf jedoch dabei zwei Punkte nicht übersehen: 1. Die Zellulose enthält in sich manchen wertvollen Stoff. Vor allem umschließt sie Zellen mit ihrem kostbaren Inhalt. Solange die Zellwand nicht eröffnet ist, können unsere Verdauungssäfte auch nicht in ausreichendem Maße an die Bestandteile des Zellinhaltes herankommen. Gelingt es nicht, sie zu durchbrechen, dann geht im Kote die Zellulose mit dem Zellinhalt ab, und wir haben neben ihr viele kostbare Stoffe eingebüßt! 2. Die Zellulose kann wertvolle Stoffe aufsaugen und sie uns so entführen. Gibt man einem Hunde Fleisch, dann enthält sein Kot geringe Mengen von Stickstoff. Fügt man dem gleichen Futter Stroh oder Filtrierpapier zu, dann steigt der Gehalt des Kotes an Stickstoff.

Wir verstehen nunmehr manche verschiedenen Ansichten über den Wert gewisser pflanzlicher Nahrungs-

mittel. Der eine Forscher empfiehlt möglichst viel Kleie beim Korn zu lassen. Je gröber das Mehl um so besser! Andere Forscher sind Gegner dieser Ansicht. Sie wünschen möglichst feines Mehl, d. h. das Getreidekorn soll möglichst vieler seiner Hüllen beraubt werden, bevor es gemahlen wird. Sicher ist, daß das grobe Mehl manche Vorzüge hat. Das aus ihm gebackene Brot stellt an unsere Zähne ganz andere Anforderungen als das weiche Weißbrot. Der Versuch zeigt jedoch eindeutig, daß Schwarzbrot schlechter ausgenutzt wird als Weißbrot. Der folgende von Rubner mitgeteilte Versuch beweist das:

Art des Brotes	Kot feucht in g	Kot trocken in g	Stickstoff in g in g	Fett in %	Kohlehydrate in g	Asche in g
Brot aus feinstem Mehl .	132,7	24,8	2,17	2,99	5,85	2,4
Brot aus mittelfeinem Mehl	252,8	40,8	3,24	3,55	13,10	3,9
Brot aus ganzem Korn .	317,8	75,8	3,80	6,47	37,23	8,3

Nun braucht die Ausnutzung entschieden nicht so schlecht zu sein. Man kann durch sehr gründliches Kauen bewirken, daß die Kotmenge stark herabgeht und sein Gehalt an den einzelnen Stoffen sich erheblich vermindert. Durch das Kauen wird die Zellulose feiner verteilt. Die Einspeichelung wird auch eine gründlichere. Wir haben jedoch im allgemeinen ganz entschieden eine bessere Ausnutzung des Weißbrotes als des Vollkornbrotes.

Nehmen wir Kartoffeln, Gemüsearten — Kohl, Rüben usw. — auf, dann stehen wir vor der Tatsache, daß ohne besondere Maßnahmen die Ausnutzung der Nahrung eine schlechtere ist, als wenn wir Fleisch verzehren. Es gilt dies ganz besonders vom Gemüse. Die tägliche Erfahrung zeigt, daß die Kotmenge bei Pflanzennahrung am größten ist. Der Kot enthält bei dieser meistens sehr erhebliche Stickstoffmengen, 3—4 g sind gar nichts Ungewöhnliches! Muß das sein? Es ist das keineswegs der Fall. Wir entbehren der für diese Nahrungsmittel vorgesehenen Einrichtungen der pflanzenfressenden Tiere. Es fehlt uns ein Kropf oder ein Muskelmagen und gar die so ausgezeichnet der Pflanzennahrung angepaßte Einrichtung, die wir im Wiederkäuermagen vor uns haben. Um die Ausnutzung der Pflanzennahrung zu steigern, müssen wir infolgedessen besondere Maßnahmen ergreifen. Wir müssen sie gut kochen! In dieser Hinsicht wird leider in weiten Kreisen viel zu wenig Aufmerksamkeit aufgewendet. Erbsen, Bohnen usw. müssen 8 und mehr Stunden lang weich gekocht werden. Vorteilhaft ist die Anwendung der Kochkiste. Vor dem Kochen soll die Pflanzennahrung, wenn immer möglich, möglichst zerkleinert werden. Gemüsepulver werden besser ausgenutzt als die unzerteilte Nahrung. Oft muß zuerst gekocht und dann zerkleinert werden. Dann folge gutes Kauen. Der einfache Versuch zeigt, daß rasch hinuntergeschlungene

Kartoffeln schlechter ausgenutzt werden als gut zerkaute! Wir müssen mit vollem Bewußtsein aus unseren Kenntnissen heraus der Pflanzennahrung eine besonders sorgfältige Behandlung angedeihen lassen. Leider fehlt gerade da sehr oft die Kochkunst, wo sie am allernötigsten wäre. Der Vermögende kann sich eine gelernte Köchin halten, während der Arbeiter, den jede Verschleuderung von Nahrungsstoffen besonders empfindlich trifft, in dieser Hinsicht oft auf die überaus primitive Kochkunst seiner Haushaltung angewiesen ist! Nachdem erkannt ist, daß wir in der Lage sind, die Nahrungsmittel durch geeignete Maßnahmen besser auszunützen, muß alles geschehen, um diese zu ergreifen. Dazu gehört in erster Linie eine gute Ausbildung der weiblichen Jugend in der Kochkunst!

Berechnung des Energieinhaltes bestimmter Nahrungsmittel auf Grundlage ihres Gehaltes an den einzelnen organischen Nahrungsstoffen.

Um zu erfahren, wieviel Energie ein bestimmtes Nahrungsmittel in unserem Körper liefern kann, müssen wir es analysieren, d. h. seine Zusammensetzung an den einzelnen organischen Nahrungsstoffen feststellen[1]).

[1]) Vgl. das Werk von J. König: Chemie der menschlichen Nahrungs- und Genußmittel. Julius Springer, Berlin. — Ferner: K. Thomas: Nahrung und Ernährung. B. G. Teubner, Leipzig—Berlin 1914. — Ragnar Berg: Die Nahrungs- und Genußmittel. Holze & Pahl, Dresden 1913.

Dazu bedürfen wir bestimmter Methoden, auf die wir hier nicht eingehen wollen. Kennen wir den Gehalt an Kohlehydraten, Fett und Eiweiß, dann ist die Berechnung des Energieinhaltes dieser Stoffe einfach. Wir multiplizieren, wie schon Seite 83 erwähnt, die Gewichtsmenge an Kohlehydraten mit 4, diejenige der Fette mit 9 und diejenige an Eiweiß mit 4. Addieren wir die gefundenen Zahlen, dann erhalten wir den Gesamtinhalt des Nahrungsmittels an Energie. Mit einer derartigen Bestimmung können wir uns jedoch nicht zufrieden geben, denn wir haben schon mehrfach betont, daß es nicht allein darauf ankommt, wieviel von einem Nahrungsmittel wir in den Darmkanal einführen, vielmehr gibt die von der Darmwand aufgenommene Menge davon den Ausschlag, denn nur diese steht unseren Körperzellen zur Verfügung. Aus diesem Grunde sind die im Gebrauch befindlichen Tabellen mit Angaben über die Zusammensetzung bestimmter Nahrungsmittel nicht ausreichend, um uns über den wirklichen Nährwert eines solchen Aufschluß zu geben. Wir müssen durch besondere Versuche feststellen, wieviel von jedem Nahrungsmittel im Durchschnitt unresorbiert bleibt. Dazu dienen Ausnutzungsversuche. Es ist nicht leicht, brauchbare Durchschnittswerte zu erhalten, denn es hat sich herausgestellt, daß Gemische von Nahrungsmitteln sich unter Umständen anders verhalten, als wenn sie einzeln aufgenommen werden. Ferner müssen wir uns den S. 35—39 erörterten Beobachtungen erinnern, wonach zur vollwertigen

Ernährung, abgesehen von bestimmten Mineralstoffen, geringe Mengen sogenannter Nutramine gehören. Die Tabellen über die Zusammensetzung der gebräuchlichen Nahrungsmittel geben uns über ihr Vorkommen keine Auskunft!

Im folgenden sei die Zusammensetzung einiger der gebräuchlichsten Nahrungsmittel zusammengestellt. Gleichzeitig ist der Energieinhalt in der oben erwähnten Art berechnet.

Nahrungsmittelart	100 g enthalten in g			100 g liefern Kalorien (Wärmeeinheiten)
	Eiweiß	Fett	Kohlehydrate	
1. Animalische Nahrungsmittel.				
Kuhmilch	3,4	3,7	5,0	67
Ziegenmilch	3,7	4,3	3,6	67
Menschenmilch	1,6	3,6	6,5	65
Butter	1,0	83,0	0,5	753
Käse (mittelfett)	27,5	25,0	2,8	346
Hühnereier	14,5	11,0	0,5	159
Karpfen	22,0	1,0	—	97
Gans	16,2	45,0	0,5	472
Huhn	23,5	1,5	0,2	108
Hasenfleisch	24,0	1,2	0,3	108
Kaninchenfleisch	22,5	9,0	0,2	162
Hammelfleisch (mittelfett)	16,0	16,0	0,1	208
Schweinefleisch (mittelfett)	17,5	20,2	0,3	253
Kalbfleisch (mittelfett)	19,3	4,5	—	119
Rindfleisch (mittelfett)	20,0	4,8	—	123
Pferdefleisch (mittelfett)	22,5	4,0	—	126
Speck	9,2	74,2	—	705

Nahrungsmittelart	100 g enthalten in g			100 g liefern Kalorien (Wärmeeinheiten)
	Eiweiß	Fett	Kohlehydrate	
2. Pflanzliche Nahrungsmittel.				
Rohrzucker	—	—	100,0	410[2]
Äpfel	0,4[1]	—	13,7	56
Birnen	0,4[1]	—	12,0	50
Erdbeeren	1,1[1]	0,4	7,4	38
Kirschen	0,6[1]	—	12,5	52
Blumenkohl	2,5[1]	0,4	5,0	34
Wirsingkohl	3,5	0,7	6,0	42
Rotkraut	1,8	0,3	5,8	33
Kopfsalat	1,5	0,4	2,0	18
Spinat	3,4	0,4	3,5	32
Kohlrabi	3,2	0,2	9,1	51
Möhren	1,0	0,3	9,6	45
Rettig	1,2[1]	0,1	0,9	9
Gurken	1,0[1]	0,1	2,3	14
Spargel	2,0[1]	0,3	2,7	21
Champignon	2,8	0,1	5,0	32
Erbsen	23,2	2,0	51,0	315
Bohnen	24,5	1,8	48,2	307
Linsen[1]	27,7	1,9	53,5	342
Reis	7,0	0,6	78,0	345
Schnittbohnen	2,3	—	7,0	37
Weizenbrot (mittelfeines)	6,5	0,6	51,2	236
Weizenmehl (mittelfeines)	11,3	1,6	71,0	344
Weizengraupen[1]	7,3	1,2	76,2	345
Roggenbrot (mittelfeines)				
Roggenmehl[1]	11,5	2,1	69,7	344
Kartoffeln	2,0	0,1	22,5	99

[1]) Entnommen: K. Thomas: Nahrung und Ernährung. B. G. Teubner, Leipzig—Berlin, 1914. Im Übrigen eigene Analyseresultate.

[2]) 1 g Rohrzucker liefert 4,1 Kal. Wir haben zur Berechnung des Energieinhaltes

Ein Blick auf die vorstehende Tabelle zeigt, daß unsere Nahrungsmittel einen recht verschiedenen Energieinhalt aufweisen. Die angegebenen Werte sollen nur ganz allgemein als Anhaltspunkt dienen, denn es wird, wie besonders die Fleischarten zeigen, ein verschiedener Fettgehalt, sofort einen sehr erheblichen Unterschied im Energieinhalt bedingen. So ergeben 100 g fettreiches Kaninchen 162 Kal., während das magere Hasenfleisch nur 108 Kal. enthält. Damit soll ausdrücklich hervorgehoben sein, daß die angeführten Werte der Zusammensetzung der einzelnen Nahrungsmittel keine Konstanten sind. Die geringsten Unterschiede findet man bei den pflanzlichen Nahrungsmitteln. Hier findet man innerhalb enger Grenzen gleiche Werte. Bei den animalischen Nahrungsmitteln macht der verschiedene Fettgehalt in der Hauptsache den Unterschied im Energieinhalt aus.

Sehen wir von Butter und Speck ab und der fetten Gans, so haben wir bei den animalischen Nahrungsmitteln einen Energieinhalt, der von rund 350 bis 65 Kal. schwankt. An erster Stelle steht der Käse und an letzter die Milch. Bei den dem Pflanzenreich entnommenen Nahrungsmitteln haben wir sehr große Unterschiede im Energieinhalt. Die Werte sind umgrenzt von den Zahlen 350 und 14 (den Rohrzucker wollen wir außer acht lassen). Erbsen, Bohnen, Linsen, Reis,

---

der übrigen Nahrungsmittel die abgerundeten Zahlen 4 und für Fett 9 verwertet und außerdem die Stellen nach dem Komma nach oben oder unten auf ein Ganzes abgerundet.

Mehl- und Brotarten stehen an der Spitze mit den höchsten Energieinhalten. Die Kohlarten und die Früchte ergeben sehr wenig Energie. Das gleiche gilt von Salat, Spinat, von den Möhren, dem Rettig, den Gurken und Pilzen.

Da wir fast alle pflanzlichen Nahrungsmittel mit Zutaten genießen, wobei das Fett eine große Rolle spielt, so darf man im praktischen Leben die in der Tabelle angegebenen Werte nicht ohne weiteres in Rechnung setzen. Der Energieninhalt der Zutat ist selbstverständlich zu berücksichtigen.

Man wird bei der Zusammenstellung einer Nahrung mit bestimmtem Energieinhalt nicht nur darauf achten, mit welchen Nahrungsmitteln man ihn am besten decken kann, man wird vielmehr ihren Preis zu berücksichtigen haben. An Hand der Tabelle und der Kenntnis der Preise läßt sich leicht berechnen, wieviel z. B. je eine Wärmeeinheit in Form von Fleisch oder von Erbsen kostet.

Einige Beispiele sollen zeigen, wie man an Hand bestimmter Fragen Berechnungen anstellen kann. Wir wollen annehmen, daß ein Mensch eine bestimmte Arbeit leiste. Er brauche in 24 Stunden 2400 Kal. Zu seiner Ernährung sollen uns nur Kartoffeln zur Verfügung stehen. Wieviel Kilogramm davon müßten wir ihm auf Grund des Energieinhaltes dieses Nahrungsmittels geben? Wir ersehen aus der Tabelle, daß wir 1000 g Kartoffeln etwa gleich 1000 Wärmeeinheiten setzen können. Folglich brauchten wir 2,4 kg, um

2400 Kal. zur Verfügung zu haben. Müßten wir ausschließlich Kuhmilch geben, dann wären davon rund 3,5 Liter notwendig, denn 1 Liter Kuhmilch liefert 670 Kal.

Die unter verschiedenen Bedingungen zur Vollführung der Leistungen des Organismus notwendigen Energiemengen.

Auf keine andere Weise können wir die zur Ernährung unter bestimmten Bedingungen notwendige Nahrungsmenge so klar und anschaulich zur Darstellung bringen, als wenn wir unseren Berechnungen den Energieinhalt der Nahrung zugrunde legen. Zunächst befremdet diese Art der Betrachtung des Stoffwechsels. Wir haben vernommen, daß die Nahrungsstoffe ganz verschiedene Funktionen zu erfüllen haben. Alle dienen als Bestandteil des Zellinhaltes der Schaffung eines bestimmten Gepräges der Zelle. Die Funktion der Zelle ist abhängig von ihrem Bau! Manche Stoffe nehmen direkt oder indirekt teil an der Hervorbringung von Fermenten, In- und Sekretstoffen aller Art usw. Die organischen Nahrungsstoffe dienen im besonderen auch als Energiequelle. Wenn wir nun den Stoffwechsel energetisch betrachten, dann ziehen wir eigentlich nur die letztere Art von Nahrungsstoffen und die letztere Funktion in Betracht. Wir kümmern uns nicht darum, ob Wasser, Mineralstoffe und Sauerstoff und Nutramine aufgenommen werden! Das erscheint

uns als eine große Lücke. In der Tat muß hervorgehoben werden, daß die alleinige Betrachtung der Nahrung vom Standpunkte ihres Energieinhaltes zu ganz unrichtigen Schlüssen führen muß. Wir könnten z. B. bestimmen, wieviel Energie ein erwachsener Mensch im Schlafe braucht und könnten dann die festgestellte Menge in Form von Fett oder von Kohlehydraten oder von beiden Arten von Nahrungsstoffen zu decken suchen. Wir würden natürlich nicht erreichen, daß das Individuum im Stoffwechselgleichgewicht bleibt. Es würde ja die absolut notwendige Eiweißmenge fehlen. Ferner würden wir keine Mineralstoffe und Nutramine zuführen. Kurz, die Nahrung hätte zwar den erforderlichen Energieinhalt, jedoch nicht die zur Ernährung notwendige Zusammensetzung.

Glücklicherweise nehmen wir mit ganz wenig Ausnahmen keine reinen Nahrungsstoffe auf, sondern Gemische aller in den Nahrungsmitteln. Diese enthalten immer Wasser, Mineralstoffe und alle organischen Nahrungsstoffe! Berücksichtigen wir die Zusammensetzung von Fleisch oder von Kartoffeln oder Gemüse an Eiweiß, Fett und Kohlehydraten, und berechnen wir dann auf Grund des Gehaltes an diesen organischen Nahrungsstoffen, wieviel von den genannten Nahrungsmitteln oder einem Gemisch davon erforderlich ist, um den Energiebedarf zu decken, so führen wir mit ganz vereinzelten Ausnahmen von den anorganischen Nahrungsstoffen und den Nutraminen genügende Mengen zu. Aus diesem Grunde ist es wohl berechtigt, vom Energie-

inhalt der organischen Nahrungsstoffe in den Nahrungsmitteln auszugehen. Unter diesem Gesichtspunkt muß man die Aufgabe auffassen, daß x g Kohlehydrate, y g Fette und z g Eiweiß zur Ernährung unter diesen oder jenen Bedingungen ausreichen. Das heißt nicht, daß ein Individuum mit reinen Kohlehydraten, Fetten und Eiweißstoffen leben kann! Die Hervorhebung dieser Tatsachen ist sehr wichtig, weil in weiten Kreisen gerade von den erwähnten Gesichtspunkten aus die energetische Betrachtung des Stoffwechsels mißverstanden worden ist. Selbstverständlich darf man nicht nur die Frage stellen, wieviel Energiezufuhr ist unter diesen oder jenen Umständen notwendig, sondern es muß auch darauf gesehen werden, daß alle unbedingt notwendigen Nahrungsstoffe in genügender Menge zur Stelle sind.

Verschiedene Forscher — Rubner, Tigerstedt — haben auf Grund umfassender Versuche für den erwachsenen Menschen den folgenden Energiebedarf berechnet[1]):

1. Minimaler Verbrauch: 1,00 Kalorie pro Kilogramm Körpergewicht in einer Stunde; somit für 70 kg — das mittlere „Normalgewicht" des Erwachsenen — und 24 Stunden 1680 Kalorien.

2. Hunger und Ruhe: 1,263 Kal. pro Kilogramm und Stunde; pro 70 kg und 24 Stunden rund 2100 Kal.

3. Gewöhnliche Kost und Ruhe: 1,429 Kal. pro

---

[1]) Nach den im Kriege gemachten Erfahrungen sind diese Werte entschieden etwas zu hoch gegriffen.

Kilogramm und Stunde; pro 70 kg und in 24 Stunden 2400 Kal.

4. Für eine äußere Arbeit von 42500 mkg steigt der Energieverbrauch um 500 Kalorien.

Zu dem zuletzt mitgeteilten Ergebnis müssen wir einige Erläuterungen geben. Es ist ganz besonders wichtig, daß wir imstande sind, für eine bestimmte Arbeitsleistung die dazu erforderliche Energiemenge rechnerisch festzustellen. Ferner können wir aus Erfahrung sagen, daß die Muskelarbeit im wesentlichen auf Kosten von Kohlehydraten geleistet wird. Es können jedoch nach den Feststellungen der meisten Forscher auch Fette und ihre Bausteine und ferner Aminosäuren als Quelle der Muskelkraft dienen. Haben wir die Aufgabe, jemanden, der eine bestimmte Arbeit zu leisten hat, ausreichend zu ernähren, dann können wir mit Vorteil zu der schon vorhandenen aus Nahrungsmitteln bestehenden Nahrung Kohlehydrate und vor allem Fette oder beide Arten von Nahrungsstoffen zulegen. Für seine anderen Funktionen hat der Organismus in den Nahrungsmitteln bereits alle notwendigen Nahrungsstoffe. Wir wollen nun nur noch in möglichst günstiger Form Energiespender zuführen. Würden wir diese Mehrzufuhr zur Leistung von Arbeit ausschließlich in Form von Nahrungsmitteln — Fleisch, Gemüse usw. — vornehmen, so würden wir dadurch viele Stoffe verabreichen, die der Organismus in dieser Menge nicht braucht. Fett ist derjenige Nahrungsstoff, in dem die Energie in konzentriertester Form

vorhanden ist, liefert doch 1 g Fett neun große Kalorien! Diese Überlegungen zeigen, daß jedes einzelne Problem des Stoffwechsels wohl überlegt sein will!

Wir wollen nun sehen, ob die für die Leistung von 42500 mkg Arbeit geforderten 500 großen Kalorien wirklich notwendig sind. 425 mkg Arbeit sind einer Kalorie äquivalent. Somit brauchen wir für 42500 mkg Arbeit nur 100 Kalorien! Nun wissen wir jedoch, daß keine von Menschenhand erbaute Maschine die ganze ihr zur Verfügung gestellte Energie in Arbeit umsetzen kann. Der bei weitem größte Teil der Energie geht in Form von Wärme verloren. Die Erfahrung hat ergeben, daß die „Muskelmaschine", obwohl sie offenbar imstande ist, die chemische Energie direkt zu verwerten und nicht auf dem Umweg über Wärme, nur etwa 20 Proz. der zur Verfügung stehenden Energie zur Arbeitsleistung verwenden kann. Somit müssen wir die der geleisteten Arbeit entsprechende Energiemenge stets mit etwa fünf — es existieren nicht unbeträchtliche individuelle Unterschiede im „Nutzeffekt"! — multiplizieren, um zu der Energiemenge zu kommen, deren wir bedürfen.

Berechnung der für eine bestimmte Arbeitsleistung notwendigen Energie.

Es sei an einigen Beispielen erörtert, wie für eine bestimmte Arbeitsleistung die notwendige Energie berechnet wird. Vorausgeschickt sei, daß nach den S. 127

erwähnten Bestimmungen ein erwachsener Mensch bei gewöhnlicher Kost und Ruhe etwa 2400 Kalorien braucht.[1]) Er benützt sie zur Aufrechterhaltung seiner Körpertemperatur. Ferner braucht er Energie für die Arbeit seines Herzens, der Atemmuskeln, der Darmmuskeln (Peristaltik), der Drüsen usw. Wird nun eine bestimmte Arbeit geleistet, so genügen die 2400 Kal. nicht mehr. So gab ein Individuum, das 108800 kgm Arbeit leistete, in 24 Stunden 3726 Kal. ab. Das Wärmeäquivalent der geleisteten Arbeit ist gleich 108800 : 425 = rund 256 Kal. Wir müßten somit $5 \times 256 = 1280$ Kal. zuführen, um den durch die geleistete Arbeit gesetzten Ansprüchen zu genügen. Ziehen wir diese 1280 Kal. von den abgegebenen 3726 Kal. ab, dann kommen wir zu 2446 Kal., d. h. wir gelangen zu dem Werte, den wir als Grundlage für den nicht arbeitenden Menschen angenommen haben! Nehmen wir einen anderen Fall. Eine Versuchsperson hat eine Arbeit von 629850 mkg geleistet und 9314 Kal. in 24 Stunden abgegeben. Wir wollen dieses Mal die Berechnung, wie folgt, vornehmen. Wir ziehen von den 9314 Kal. den Ruhewert von 2400 Kal. ab und fragen uns, ob der verbleibende Rest von 6914 Kal. zur Leistung der 629850 mkg Arbeit ausreicht. Wir dividieren diese Zahl wieder durch 425, da ja 425 mkg

---

[1]) Es sind dies alles Werte, die für ein erwachsenes Individuum von 70 kg Körpergewicht festgestellt worden sind. Man muß dabei immer in Rücksicht ziehen, daß nicht unerhebliche individuelle Unterschiede im Stoffwechsel bestehen. Die tägliche Erfahrung zeigt das schon.

Arbeit einer Kalorie entsprechen. Es ergeben sich 1482 Kal. Diese Menge haben wir zur Arbeitsleistung zur Verfügung, wenn wir die fünffache Menge davon zur Aufnahme bringen! Es ergeben sich 7410 Kal. Wir erkennen, daß rund 500 Kal. weniger ausgegeben worden sind. Dazu ist zu bemerken, daß der Annahme, daß 20 Proz. der zur Verfügung stehenden Energie zur Leistung von Arbeit ausgenützt werden können, wie schon oben erwähnt, kein absoluter Wert zukommt. Es haben sich vielmehr große individuelle Unterschiede ergeben. Es spielt auch die Übung eine große Rolle. Immerhin geht aus den angeführten Beispielen deutlich hervor, daß wir mit wenigen Zahlen rasch annähernd ermitteln können, welche Energiemengen für die verschiedenen Arbeitsleistungen notwendig sind. Wir verstehen, daß ein Mann, der pflügt, gräbt, schmiedet usw., kurz, der schwere körperliche Arbeit leistet, eine ganz andere Nahrungszufuhr braucht, als derjenige, der leichtere Arbeit verrichtet. Es kommt nicht in erster Linie auf die Dauer der Arbeitszeit an. Sie spielt natürlich auch eine Rolle. Würde z. B. jemand pro Stunde 10000 mkg Arbeit leisten und 8 Stunden arbeiten und ein anderer 6 Stunden je 12000 mkg Arbeit aufbringen, dann hätte natürlich die erstere Person mehr Energiezufuhr nötig als die zweite. Erwähnt sei noch, daß der „Kopfarbeiter" auch Energie für seine Gedankenarbeit aufwenden muß. Leider verfügen wir nicht über die Möglichkeit einen Zustand der Gedankenlosigkeit mit einem solchen mit abgemessener

Gedankenarbeit zu vergleichen. Aus diesem Grunde vermögen wir nicht anzugeben, wieviel Energie eine bestimmte geistige Tätigkeit erfordert. Jedenfalls steht der Bedarf weit hinter dem bei Muskelarbeit zurück. Man könnte versucht sein, die Ermüdung bei der Beurteilung der aufgewendeten Arbeitsleistung in die Wagschale zu werfen. Sie gibt jedoch, wie die tägliche Erfahrung zeigt, gar keinen Anhaltspunkt für die wirkliche Leistung. Wir ermüden heute nach kurzer Zeit, wenn wir eine ungewohnte Arbeit übernehmen, um morgen schon eine viel größere Arbeit ohne besondere Ermüdung zu bewältigen. Der eine wird bei geistiger Arbeit bald erschöpft, ein anderer kennt einen solchen Zustand überhaupt kaum.

Die folgenden Werte geben in abgerundeten Zahlen einen Überblick über die einer bestimmten Arbeitsleistung entsprechende Energiemenge:

Arbeitsgröße in mkg	Energieverbrauch in Kalorien
50000	3000
100000	3600
150000	4200
200000	4800

Schließlich wollen wir als Beispiel der Berechnung des Energiebedarfs für eine bestimmte Tätigkeit die Herzarbeit zur Grundlage nehmen. Das Herz wirft bei jeder Zusammenziehung seiner Kammern eine bestimmte Menge Blut in die großen Blutgefäße. Die rechte Kammer in die Lungenarterie und die linke in die Aorta (die große

Schlagader). Um dieses Blut aus der Kammer zu entfernen, ist Arbeit notwendig und diese wiederum erfordert Energie. Die Verhältnisse liegen beim Herzen nicht ganz einfach, denn die Herzarbeit setzt sich aus zwei Anteilen zusammen. Einmal muß das Blut gegen den in den genannten Gefäßen vorhandenen Druck in diese hineingetrieben werden. Ferner wird dem Blute eine bestimmte Geschwindigkeit erteilt. Man kann das auch so ausdrücken, daß man sagt, die Herzarbeit setzt sich aus Hub- und Strömungsarbeit zusammen.

Um zunächst die Hubarbeit berechnen zu können, müssen wir das sogenannte Schlagvolumen kennen, d. h. die Menge des bei jeder Kontraktion der Kammern ausgeworfenen Blutes. Sie ist natürlich in verschiedenen Altern und auch individuell verschieden. Nehmen wir die Durchschnittsmenge für den Erwachsenen zu 70 g = 0,07 kg Blut an. Ferner müssen wir wissen, wie groß der Druck in den entsprechenden Gefäßen ist. Wir wollen zunächst die Arbeit der linken Herzkammer berechnen. Dafür kommt der Druck in der Aorta in Frage. Er beträgt etwa 150 mm Quecksilber = 150 × 13,6 (spezifisches Gewicht des Quecksilbers) = 2040 mm Wasser = rund 2 m Wasser. Die Hubarbeit berechnet sich für jede Zusammenziehung des linken Ventrikels durch Multiplikation des Gewichtes des ausgeworfenen Blutes mit der Druckhöhe, also 0,07 × 2 = 0,14 kgm Arbeit. Die Strömungsarbeit wird nach der Formel $\frac{p\,v^2}{2\,g}$ (p = Schlagvolumen, v = Geschwindigkeit des

Blutes = 0,5 m in der Sekunde in der Aorta, g = 9,8) festgestellt. Setzen wir die Werte ein, dann ergibt sich:

$$\frac{0{,}07 \cdot 0{,}5^2}{2 \cdot 9{,}8} = 0{,}0009 \text{ kgm Arbeit.}$$

Somit ist die Arbeit der linken Kammer bei jeder Zusammenziehung (Systole) = 0,14 + 0,0009 = 0,1409 kgm. Die rechte Herzkammer leistet weniger Arbeit als die linke. Zwar ist die Menge des ausgeworfenen Blutes gleich, jedoch ist der Druck in der Lungenarterie nur etwa $^1/_3$ desjenigen in der Aorta. Somit ist die Hubarbeit der rechten Kammer $= \frac{0{,}1409}{3} = 0{,}0467$ kgm. Die Strömungsarbeit ist rechts ungefähr gleich wie links. Es berechnet sich somit die gesamte Arbeit der rechten Kammer zu 0,0467 + 0,0009 = 0,0476 kgm. Die Gesamtarbeit beider Kammern ist somit 0,1409 + 0,0476 = 0,1885 kgm.

Wir können nun leicht feststellen, wieviel Arbeit die beiden Kammern in einer Minute, einer Stunde, in 24 Stunden usw. leisten. Nehmen wir 70 Herzschläge in der Minute als Grundlage. Wir erhalten dann die Herzarbeit in 24 Stunden, wie folgt: 0,1885 × 70 × 60 × 24 = 19000 kgm Arbeit. 425 kgm Arbeit entsprechen einer Wärmeeinheit, somit entsprechen 19000 Arbeit 45 Kal. Nun haben wir schon erfahren, daß unser Organismus nur etwa 20 Proz. der zur Verfügung gestellten Energie in Arbeit umsetzen kann. Wir müssen somit mit 5 × 45 Kal. rechnen = 225 Kal. Wir haben angenommen, daß der nicht arbeitende Organismus einen Verbrauch von

rund 2400 C hat. Somit würde die Herzarbeit etwas weniger als den zehnten Teil davon in Anspruch nehmen.

Das Herz paßt sich in ausgezeichneter Weise erhöhten Anforderungen an. Wir bemerken, wenn wir äußere Arbeit leisten, daß das Herz schneller schlägt. Selbstverständlich nimmt damit die Arbeitsleistung zu. Man darf jedoch nicht einfach die soeben berechnete Herzarbeit mit der Zahl der Pulsschläge in einer Minute multiplizieren, um die Herzarbeit in dieser Zeit zu berechnen. Es kommt darauf an, ob das Schlagvolumen sich gleich geblieben ist und auch die Druckverhältnisse unverändert sind. Das gegebene Beispiel soll nur zeigen, wie man die von einem bestimmten Organ geleistete Arbeit berechnen kann, sobald man die dazu notwendigen Faktoren kennt. Dabei ist zu bemerken, daß die Annahme, unsere Muskeln könnten von der zur Verfügung gestellten Energie nur etwa 20 Proz. in Arbeit umsetzen, noch umstritten und individuell verschieden ist. Vielleicht ist der wirkliche Nutzwert höher.

Berechnung des Energiewertes der Nahrung bei frei gewählter Kost.

Es ist schon erwähnt worden, daß wir bereits dadurch einen Einblick in die Ernährungsverhältnisse einzelner Individuen erhalten können, wenn wir die Art und Menge der freigewählten Kost feststellen, und dann auf Grund der in ihr enthaltenen Mengen an einzelnen organischen Nahrungsstoffen den Energiegehalt

berechnen. Wir multiplizieren die Eiweißmenge mit vier und mit der gleichen Zahl die Kohlehydratmenge, während wir die Fettmenge mit neun zu vermehren haben. Ein Beispiel mag das zeigen. Es nehme jemand in seiner Nahrung 500 g Kohlehydrate, 50 g Fett und 70 g Eiweiß auf. Es werden dann $500 \times 4 = 2000$, $50 \times 9 = 450$ und $70 \times 4 = 280$ Kalorien aufgenommen; also im Ganzen 2730 Kal.

Einige Angaben mögen einen Einblick in solche Untersuchungsergebnisse geben:

Stand und Beschäftigung	Aufgenommene Mengen[1]) an Eiweiß	Fett	Kohlehydraten	Kalorien
Arbeiter bei mäßiger Arbeit	118	56	500	3091
Arbeiter bei starker Arbeit	137	173	352	3678
Bauernknecht	143	108	788	4848
Bergleute bei schwerer Arbeit	133	113	634	4240
Ladendiener	55	6	394	1898
Zwei Arbeiterfamilien in Frankfurt	68	49	419	2424
Grobschmied	176	71	667	4179
Weberfamilien im Königreich Sachsen	65	49	485	2710

Ein Blick auf die erwähnten Beispiele zeigt, daß der Ladendiener, die beiden Arbeiterfamilien in Frankfurt

---

[1]) Die wahre Aufnahme ist natürlich, wie schon ausgeführt, kleiner. Es kommt auf die Ausnutzung an! Zum Vergleich genügen die hier angegebenen Werte.

und die Weberfamilien im Königreich Sachsen nicht ausreichend ernährt waren. Man kann mittels dieser Methode rasch feststellen, ob eine genügende oder ungenügende Energiezufuhr vorliegt. Selbstverständlich muß man zur Beurteilung der Ernährung selbst außer dem gesamten Energieinhalt auch die Zusammensetzung der Nahrung in Betracht ziehen und diese so regeln, daß alle Bedürfnisse befriedigt werden. So ist z. B. die Möglichkeit durchaus gegeben, den ganzen Energiebedarf mittels Milch zu decken. Wir würden bei längerer Dauer der Ernährung mit Milch blutarm werden, weil ihr Eisengehalt ein sehr geringer ist. Die Milch ist nicht das ideale Nahrungsmittel, für das sie vielfach angesehen wird. Sie ist es für den Säugling solange, bis sein eigener Eisenvorrat und vor allem sein bei der Geburt großer Blutfarbstoffgehalt im Verhältnis zur Vermehrung des Körpergewichtes nicht zu stark verringert ist. Es wächst der rasch an Gewicht zunehmende Körper in gewissem Sinne über seinen Hämoglobingehalt hinaus. Es kann nicht genügend davon gebildet werden. Wird jedoch neben der Milch nach Abschluß der Säuglingsperiode Gemüse, Fleisch usw. aufgenommen, dann ist Material genug zur Hämoglobinbildung da.

Kurz hingewiesen sei auf den Versuch von Pirquet, als Maß für den Nährwert der verschiedenen Nahrungsmittel denjenigen der Milch zugrunde zu legen. Als Grundmaß wird eine Milch mit bestimmtem Nährwert angenommen. 1 g dieser Milch liefert 0,667 große = 667

kleine ausnutzbare Kalorien. Die metrische Einheit ist 1 g dieser Milch. Sie wird Nem (Nahrungseinheit Milch) genannt. 100 g jener Milch sind 1 Hektonem, 1000 g ein Kilonem. Ein Beispiel möge diese neue Art der Vergleichung des Nährwertes verschiedener Nahrungsstoffe und -mittel zeigen. 1 g Butter ergibt soviel Kalorien, wie 12 g Milch. Also enthält 1 g Butter 12 Nem. 1 g Mehl enthält 5 Nem, d. h. 1 g Mehl enthält fünfmal soviel Energie, wie 1 g Milch. Es ist hier nicht der Ort auf die Gründe einzugehen, die zu der Aufstellung des erwähnten Maßes geführt haben. Es ist aus verschiedenen Gründen fraglich, ob es allgemeiner benutzt werden wird.[1])

Über welche Mittel verfügt unser Organismus, um seine Körpertemperatur in ganz engen Grenzen konstant zu erhalten?

Ganz kurz streifen wollen wir die Frage der Wärmeregulation unseres Körpers. Es muß sich ganz von selbst die Frage aufdrängen, wieso es kommt, daß wir unsere Körpertemperatur mit ganz geringfügigen Schwankungen aufrecht erhalten können, obwohl doch recht verschiedene Ansprüche an unseren Wärmehaushalt gestellt werden. Es kann draußen innerhalb recht weiter Grenzen warm oder kalt sein, wir behalten unsere 37 Grad bei. Noch mehr zu denken gibt der folgende

[1]) Vgl. von Pirquet; Zeitschrift für Kinderheilkunde, Bd. 14 und 15, 1916 und 1917.

Umstand. Wir leisten eine große Arbeit. Wir wissen, daß dabei gleichzeitig viel Wärme erzeugt wird und doch bleibt unsere Körpertemperatur erhalten. Es ist klar, daß unserem Körper Mittel und Wege gegeben sein müssen, Wärmebildung und Wärmeausgabe zu regeln. Das ist nun in der Tat der Fall. Der Körper kann z. B., wenn die Außentemperatur niedrig ist, die Wärmeabgabe einschränken. Wir sehen, wie die Haut blaß wird. Es rührt dies davon her, daß die Blutgefäße der Haut sich zusammenziehen. Sie werden enger. Es wird infolgedessen das diese durcheilende Blut der Außenwelt in kleinerer Oberfläche dargeboten. Die Wärmeabgabe durch Leitung und Strahlung wird dadurch verringert. Keine Schweißdrüse sezerniert! Hilft diese Maßnahme allein nicht, dann greift der Organismus zur vermehrten Wärmebildung. Die einzige Möglichkeit mehr Wärme zu erzeugen, ist die Muskelarbeit. Wir bewegen uns. Wir sehen, wie der Hund zittert, wenn er kalt hat. Dadurch erzeugt er Wärme.

Wir haben noch besondere Einrichtungen, um die Wärmeabgabe zu vermindern. Einmal ist das Fettpolster ein schlechter Wärmeleiter. Ferner schützen wir uns durch Kleider. Diese wirken hauptsächlich durch Schaffung einer möglichst unbewegten Luftschicht. Die Vögel sträuben das Gefieder, um einen Luftmantel um ihren Körper zu legen. Ferner wird die der Außenwelt ausgesetzte Körperoberfläche durch Zusammenrollen, Niederlegen usw. verkleinert.

Handelt es sich um die Gefahr, daß die Körpertemperatur ansteigt, sei es durch erhöhte Außentemperatur, sei es durch Arbeitsleistung, dann tritt erhöhte Wärmeabgabe oder verminderte Wärmebildung oder beides in Funktion. Wir bemerken, daß die Haut sich rötet. Die Blutgefäße der Haut erweitern sich. Es wird das Blut gewissermaßen auf eine große Oberfläche ausgebreitet.[1]) Dann fangen die Schweißdrüsen bald an zu sezernieren. Sie geben salzhaltiges Wasser ab. Es tritt Verdunstung ein. Dabei wird Wärme gebunden. Diese Maßnahme ist die bei weitem wirksamste, um in kurzer Zeit große Wärmemengen zu binden. Nur dann, wenn der Schweiß verdunsten kann, tritt Abkühlung ein! Jedermann weiß aus Erfahrung welch unangenehme Empfindungen auftreten, wenn bei warmem Wetter die Luft an Wasserdampf reich ist. Wir schwitzen und fühlen doch keine Erleichterung. Es ist die Verdunstung des Schweißes erschwert. Schränken wir sie dadurch stark ein, daß wir z. B. durch eng anschließende, nicht poröse Kleider verhindern, daß die durch sie eingeschlossene Luft, die natürlich sehr bald mit Wasserdampf vollständig gesättigt ist, entweichen kann, dann kommt es zur Wärmestauung. Die Folgen hiervon — Hitzschlag — sind bekannt genug. Der Organismus kann auch durch Einschränkung der Wärmebildung — Herabsetzung

---

[1]) Wir schütten in der gleicher Absicht zu heiße Getränke aus einem engen Gefäß auf einen Teller!

der Muskelarbeit — einem Ansteigen der Körpertemperatur entgegenarbeiten. Bei großer Hitze vermeiden wir möglichst jede Tätigkeit.

Die Frage der Ersetzbarkeit eines Nahrungsstoffes durch einen anderen.

Wir haben bereits festgestellt, daß aus Kohlehydraten Fett entstehen kann. Dazu sind tiefgehende chemische Prozesse notwendig. Der sauerstoffreiche Traubenzucker muß durch mehrere Umwandlungsprodukte hindurch in die sauerstoffarmen Fette übergehen. Auch die Bildung des anderen Bausteines der Fette, des Glyzerins, vollzieht sich sicherlich nicht direkt. Ferner haben wir erfahren, daß einzelne Aminosäuren in Zucker umgebildet werden können. Auch hierzu sind tiefgehende Prozesse notwendig. Diese Befunde zeigen, daß in der Tat ein Nahrungsstoff den anderen ersetzen kann. Wir haben ferner gesehen, daß das sogenannte relative Stickstoffminimum in seiner Größe von dem Gehalt der Nahrung an stickstofffreien Nahrungsstoffen abhängt, d. h. mit anderen Worten, es ist schließlich bis auf die absolut notwendige Eiweißmenge jeder darüber hinausgehende Anteil durch Fette oder Kohlehydrate oder beide ersetzbar.

Nachdem wir den Energiewechsel kennen gelernt haben, ergibt sich ganz von selbst die Frage, in welchem Mengenverhältnis sich die einzelnen Nahrungsstoffe vertreten können. Ist z. B. ein Gramm

Fett einem Gramm Kohlehydrat gleichwertig? Eingehende Untersuchungen, die wir Rubner verdanken, haben ergeben, daß die Vertretung nach dem Energie-Inhalt erfolgt. Sind z. B. 50 g Kohlehydrat durch Fett zu ersetzen, dann stellen wir folgende Überlegung an: 50 g Kohlehydrat ergeben 50 × 4 = 200 Kal. Somit müssen wir soviel Fett geben, daß aus seiner Menge ebenfalls 200 Kal. hervorgehen. 1 g Fett liefert 9 Kal., somit sind rund 22 g Fett (200 : 9) notwendig. Ist Eiweiß zu vertreten — wir wollen annehmen, daß nicht die absolut notwendige Menge schon erreicht sei —, dann brauchen wir dazu die gleiche Gewichtsmenge Kohlehydrat und die um mehr als die Hälfte geringere an Fett.

Diese Feststellungen sind von allergrößter Bedeutung. Es bleibt nur noch die Frage, ob das aus Kohlehydraten gebildete Fett in jede beliebige Fettart im Organismus übergehen kann. Ob aus ihm auch Bausteine zur Bildung von Phosphatiden hervorgehen können. Kurz, ob das „Kohlehydrat-Fett" alle Funktionen der verschiedenen Nahrungsfette übernehmen kann. Es wäre denkbar, daß das aus Kohlehydraten sich bildende Fett als Material zur Energielieferung jeder anderen Fettart ebenbürtig ist, jedoch könnte es sein, daß es als Baumaterial nicht genügt. Jede Zellart hat ohne Zweifel Fettarten oder doch -gemische eigener Art. Diese Frage muß aufgeworfen werden. Sie ist zur Zeit nicht beantwortet. Ferner ist es fraglich, ob der Organismus die Umwand-

lung der Kohlehydrate in Fette jederzeit in gleichem Maße vollziehen kann. Wir haben vernommen, daß z. B. der Kohlehydratstoffwechsel von einer bestimmten, noch nicht ganz klar gestellten Tätigkeit der Bauchspeicheldrüse abhängig ist. Ebenso gut könnte es sein, daß die Umwandlung von Kohlehydraten in Fett an die Funktion eines besonderen Organs gebunden ist. Es könnte bei seiner Störung die genannte Umwandlung eingeschränkt oder aufgehoben sein. Ohne Zweifel spielen individuelle Momente bei der Fettbildung aus Kohlehydraten eine große Rolle. Es sei in dieser Beziehung auch auf die großen Unterschiede im Verhalten verschiedener Tierarten bei der sogenannten Fettmast hingewiesen.

Man hat auch zum Ausdruck gebracht, daß es für manche Zellfunktionen ganz gleichgültig sei, ob sie die Bausteine der Kohlehydrate, Fette oder Eiweißstoffe verwenden. Wir besitzen auch dafür keine eindeutigen Erfahrungen. Es bleiben noch viele Fragen offen. Erst sehr langfristige Erfahrungen können eine Entscheidung herbeiführen.

Bedarf es einer besonderen Zufuhr von Mineralstoffen (Salzen) und anderen Nahrungsstoffen?

Es sind vielfach Bestrebungen im Gange, zu veranlassen, daß unsere Nahrung nach dieser oder jener Richtung ergänzt wird. Bald tritt jemand mit der Behauptung hervor, daß unserer Nahrung Salze fehlen,

bald wird empfohlen Kohlehydrate, Fette oder Eiweißstoffe unserer Nahrung zuzufügen. Mit gewaltiger Reklame werden unter anderem jetzt Lezithinpräparate empfohlen. Sie sollen speziell das „darbende" Nervengewebe wieder auffrischen. Es kann nicht genug vor derartigen Anpreisungen gewarnt werden. Gewiß kann der Arzt auf Grund seiner Feststellungen zu dieser oder jener Zulage eines bestimmten reinen Nahrungsstoffes greifen, wenn jedoch der Laie anfängt der Natur zuwider sich mit solchen zu versehen, dann wird er vielfach nicht nur unnütz viel Geld ausgeben, sondern sich entschieden auch schaden. Um das zu verstehen, brauchen wir nur daran zu erinnern, daß wir beständig Bedarf an mehreren Nahrungsstoffen haben. Nehmen wir Nahrungsmittel auf, dann stellen wir unseren Geweben immer ein Gemisch von Mineralstoffen, von Eiweiß, Fetten, Kohlehydraten usw. zur Verfügung. Wenn wir dagegen irgendeinen Nahrungsstoff in reiner Form aufnehmen, so kann es leicht vorkommen, daß andere zu kurz kommen. Bunge hat seinerzeit auf die Möglichkeit der Schädigung durch die Aufnahme von Zucker hingewiesen. Nehmen wir an, daß z. B. ein wachsender Organismus — ein Kind — größere Mengen von Zucker aufnimmt. Es wird gesättigt sein, und infolgedessen nicht das Bedürfnis haben, in demselben Maße Nahrungsmittel aufzunehmen, wie es sonst geschehen würde. In der Tat können auf diese Weise sich Störungen einstellen. Das gleiche wäre der Fall, wenn wir unsere Nahrung durch reine Eiweißstoffe usw. ergänzen würden, ohne dabei

Rücksicht auf die Menge der übrigen Nahrungsstoffe zu nehmen.

Ob wir uns nun Pflanzennahrung oder Fleischnahrung zuführen, oder, was das Natürliche ist, ein Gemisch beider Arten von Nahrungsmitteln, wobei die Pflanzennahrung mit Vorteil im Übergewicht ist, so nehmen wir in jedem Falle jede Art von Nahrungsstoffen auf, die wir nötig haben. Eine besondere Zufuhr des einen oder anderen Stoffes ist bei normaler Art der Ernährung mit einer einzigen Ausnahme nicht notwendig. Diese Ausnahme bildet das Kochsalz. Dieses wird vielfach als Genußmittel betrachtet. Wir möchten bezweifeln, daß es nur diese Aufgabe erfüllt. Es ist das Kochsalz vielmehr ein Nahrungsstoff, auf den wir um so weniger verzichten können, je mehr unsere Nahrung dem Pflanzenreich entstammt. Der Physiologe Bunge hat darauf aufmerksam gemacht, daß kein Fleischfresser ein Kochsalzbedürfnis besitzt. Wir treffen es in ausgesprochenem Maße bei vielen Pflanzenfressern. Es sei an die Gier des Rindes, der Ziege, der Rehe usw. auf Kochsalz erinnert. Nicht alle Pflanzenfresser zeigen jedoch dieses Verhalten. Bunge wies darauf hin, daß diejenigen Völkerschaften, die von der Jagd leben, keinen Kochsalzhunger zeigen. Dagegen treffen wir auf ihn, sobald die Pflanzennahrung bei der Ernährung eine größere Rolle spielt.

Bunge dachte darüber nach, wieso es kommt, daß die Pflanzenkost einen so bedeutsamen Einfluß auf das Kochsalzbedürfnis haben kann. Er machte darauf

aufmerksam, daß in dieser sehr viel Kalisalze vorhanden sind, während die Natriumsalze stark zurücktreten. Im Fleisch ist der Unterschied zwischen dem Kalium- und Natriumgehalt viel geringer. Nun wissen wir, daß alle Salze und die aus ihnen in Lösung entstehenden Ionen ganz bestimmte Wirkungen entfalten. Es ist wohl möglich, daß der Kochsalzhunger in gewissem Sinne ein Ventil darstellt. Die Aufnahme von Kochsalz drängt vielleicht die Wirkung des Kalium-Jons zurück.

Interessant ist die Feststellung, daß im Inneren von Afrika an Stellen, wo es auf weite Strecken keine Möglichkeit einer Kochsalzgewinnung gibt und auch der Handel noch nicht zur Einführung dieses kostbaren Salzes geführt hat, manche Volksstämme sich so geholfen haben, daß sie bestimmte Pflanzen veraschen und dann die Asche verwenden. Interessanterweise hat sich herausgestellt, daß diese Völker die wenigen Pflanzen — Chenopodiaceen, Salsolaceen — herausgefunden haben, in denen der Natriumgehalt denjenigen an Kali übertrifft! Es gibt allerdings auch weniger findige Völkerschaften. So lebt im Angoniland in Zentralafrika ein Volk, das Schafmist verbrennt und den Rückstand als Speisesalz verwendet. Dieses enthält vielmehr Kalium als Natrium!

Vielfach sind Kalksalze und ferner Phosphorsäure als besondere Zulagen zu unserer Nahrung empfohlen worden. Es bleibt der Beweis zu erbringen, daß wir bei normaler Art der Ernährung an diesen Stoffen Mangel haben. Allerdings dürfen wir keine Stoffe

verschleudern und das geschieht nun leider sehr häufig. Es hat sich gezeigt, daß das Kochwasser von Fleisch und Gemüse — auch das Abbrühwasser — ganz beträchtliche Mengen von Nahrungsstoffen und besonders von Mineralstoffen enthält. Werden diese Wässer verworfen, dann entgehen uns wichtige Nahrungsstoffe! Das sollte man besonders in Zeiten des Nahrungsmittelmangels stets bedenken.

Der Stoffwechsel des wachsenden Organismus.

Wir haben bisher im wesentlichen bei der Frage nach der Menge der zur Aufrechterhaltung des Stoffwechsels notwendigen Nahrungsstoffe an den erwachsenen Organismus gedacht. Wenn wir Stoffwechselgleichgewicht erreicht haben, d. h. wenn die Einnahmen die Ausgaben decken, dann sind wir zufrieden. Ganz anders liegen die Verhältnisse beim wachsenden Organismus. Hier verlangen wir eine positive Stoffwechselbilanz. Wachstum bedeutet Vermehrung über die vorhandenen Zellen hinaus. Der Organismus nimmt an Gewicht zu. Es wird ständig neue Zellsubstanz gebildet. Jedes Gewebe vermehrt seinen Bestand. Da nun auch bei uns kein Stoff aus nichts hervorgehen kann, so muß jeder Anwuchs in der Nahrung gedeckt sein.

Wie schon S. 75 ff. an Hand von Beispielen dargetan

wurde, ist auch der erwachsene Organismus kein in sich abgeschlossenes, fertiges Gebilde. Auch in ihm kommt es fortwährend zur Neubildung von Zellen. Mit Ausnahme der Vermehrung von Fettgewebe kommt es jedoch im allgemeinen nicht zu einer Zunahme des Zellstaates, vielmehr handelt es sich um einen Ersatz schon bestehender Zellen. Eine Ausnahme machen jene Organe, die für die Erhaltung der Art sorgen. In den männlichen Geschlechtsdrüsen — den Hoden — entstehen fortwährend nach eingetretener Geschlechtsreife unter mannigfachen Umwandlungen Samenfäden. Wir haben ein Wachstum über das Individuum hinaus vor uns. Die Eizellen sind im Eierstock des weiblichen Individuums in großer Zahl angelegt. Sie werden periodisch abgestoßen und gelangen durch den Eileiter in die Gebärmutter. In dieser vollziehen sich in 28tägigen Perioden eingreifende Umwandlungen. Ihre Schleimhaut lockert sich. Es kommt zur Abstoßung ganzer Gewebsschichten. Blutgefäßteile werden entfernt. Es erfolgt eine Blutung. Sofort setzt die Neubildung einer neuen Schleimhaut ein. Ganz anders liegen die Verhältnisse, wenn die Eizelle befruchtet worden ist. In diesem Falle bleibt die Schleimhaut nicht nur erhalten, vielmehr beginnt sie ganz gewaltig zu wachsen. Das Ei wird in die Schleimhaut eingebettet, und es bilden sich um es Hüllen. Bald erkennt man auch äußerlich ein ganz außerordentlich starkes Wachstum der Gebärmutter selber. Die Eizelle hat sich geteilt. Das gleiche erfolgt bei den Tochterzellen. Dieser

Zellteilungsprozeß geht weiter. Bald erkennt man unter dem Mikroskop und später mit bloßem Auge, daß die Zellen nicht mehr gleichartig sind. Es haben sich vielmehr bestimmte Gewebe gebildet. Wir erkennen den werdenden Organismus — den Fötus. Das ganze Baumaterial erhält er von der Mutter. Interessanterweise besteht kein direkter Zusammenhang zwischen dem Kreislauf der Mutter und dem des werdenden Organismus. Beide haben ein in sich abgeschlossenes Blutgefäßsystem. Trotzdem erhält der Fötus alle Nahrungsbestandteile durch das Blut der Mutter zugeführt. Sie verdaut in ihrem Darmkanal zugleich für den Fötus die Nahrung mit. Im Mutterkuchen treten die Nahrungsstoffe durch Zellen hindurch in das Blut des Kindes über. Es ist klar, daß der mütterliche Organismus während der Schwangerschaft mehr Nahrung aufnehmen muß als ohne diese, denn er muß einen neuen, sehr rasch wachsenden Organismus mit Nahrungsstoffen und speziell mit Baumaterial aller Art versorgen.

Noch ein anderes Organ beginnt sich auf eine neue Aufgabe vorzubereiten, nämlich die Milchdrüse. Sie hat bisher geruht. Wir bemerken, daß sie sich mehr und mehr vergrößert. Gegen Ende der Schwangerschaft haben bestimmte Zellarten die Bildung von Milch übernommen. Sie enthält bestimmte Eiweißkörper — Kaseinogen, Albumine, Globuline usw. — Fette und ein bestimmtes Kohlehydrat — Milchzucker —, ferner bestimmte Mineralstoffe in ganz bestimmtem Mengenverhältnis. Interessanterweise hat jede Tierart eine

besonders zusammengesetzte Milch! Das erklärt die Unersetzbarkeit der Muttermilch. Jeder noch so gut erscheinende Ersatz — z. B. Kuhmilch usw. — ist immer nur ein Surrogat und nie ein ganz vollwertiger Ersatz!

Betrachten wir nun kurz die Ernährung des werdenden Organismus. Solange er im Mutterleibe ist, erhalten seine Zellen durch Vermittlung seiner Blutbahn ganz bestimmte Stoffe — ohne Zweifel die gleichen Bausteine, mit denen auch der erwachsene Organismus die Bedürfnisse seiner Zellen befriedigt. Traubenzucker, Fettsäuren, Glyzerin, Aminosäuren, Mineralstoffe, Wasser, Sauerstoff dienen zur Bildung neuer Zellsubstanz und nach der Entstehung der einzelnen Organe bald auch schon zur Hervorbringung von Inkreten und Sekreten. Es vollziehen sich auch lebhafte Oxydationsprozesse. Es wird Energie frei.

Nun kommt die Geburt. Das Lebewesen wird mit einem Schlage unter ganz veränderte Bedingungen gebracht. Es kommt der erste Atemzug. Zum ersten Male entfalten sich die Lungen. Es wird Sauerstoff durch sie aufgenommen und Kohlensäure abgegeben. Der ganze Kreislauf stellt sich in vieler Beziehung um. Als Nahrung wird dem Verdauungskanal Milch zugeführt. Zum erstenmal müssen nun die Verdauungsfermente eingreifen und abbauen. Im Magen wird die flüssige Nahrung — eben die Milch — durch das Labferment in zwei Teile geteilt, nämlich einen festen, — das mit Fett vermischte Kasein — und einen flüssigen Anteil, das sogenannte Milchserum, das

die übrigen Eiweißstoffe, die Mineralstoffe, den Milchzucker, die Zitronensäure usw. in wäßriger Lösung enthält. Dieses nachträgliche Festwerden eines Teiles der Milch ist außerordentlich wichtig. Es ermöglicht allein eine ausgiebige Wirkung des Magensaftes. Die Milch würde, wenn sie flüssig bliebe, rasch in ihrer Gesamtheit in den Darm übertreten!

Nun erhält der Säugling normaler Weise längere Zeit eine in seiner Zusammensetzung seinem Organismus angepaßte Nahrung. Mit geringfügigen Änderungen wird den Einrichtungen des Verdauungskanals Tag für Tag die gleiche Aufgabe gestellt. Es gilt immer die gleichen zusammengesetzten Milchbestandteile zu zerlegen. Wir brauchen uns um nichts zu kümmern, solange Muttermilch zur Verfügung steht. Fehlt es an solcher, dann beginnen auch schon die Sorgen. Wir können andere Milcharten nehmen und sie durch Verdünnung und Zutaten der Muttermilch ähnlich zu machen versuchen, immer bleibt das ein Notbehelf. Wir wissen, daß die Säuglingssterblichkeit immer noch viel zu groß ist, d. h. bei richtiger Art der Ernährung ließe sich manches Kind am Leben erhalten. Das Stillen ist unbedingte Pflicht jeder Mutter — es sei denn, der Arzt verbiete es, und er tut dies nur in sehr dringenden Fällen. Jedermann weiß, was es heißt, wenn ein Säugling Störungen seiner Verdauung zeigt! Wenn man überlegt, was für Anforderungen wir an den Verdauungskanal des Säuglings stellen, wenn wir ihm alle möglichen Stoffe, auf die er noch gar nicht ein-

gestellt ist, zuführen, weil nach einem Ersatz für die fehlende Muttermilch gesucht wird, dann versteht man, weshalb Schädigungen oft unausbleiblich sind. Es ist unbegreiflich, daß die weibliche Jugend zu allem anderen erzogen und ausgebildet wird, als zu ihrer ureigensten Bestimmung! Es gilt hier energisch Wandel zu schaffen! Die Erhaltung und Mehrung unserer Volkskraft fordert gebieterisch Ausbildung der weiblichen Jugend in der Kochkunst und der Säuglingspflege!

Die Stillungszeit dauert beim Menschen etwa 9 Monate. Nach neueren Beobachtungen kann man sehr gut schon im 7. Monat als Beikost andere Nahrungsmittel — Gemüse, Kartoffelbrei usw. geben. Hierbei muß man immer im Auge behalten, daß die Milch kein ganz vollwertiges Nahrungsmittel ist. Sie enthält sehr wenig Eisen, und zwar so wenig, daß bei zu langer Fortsetzung ausschließlicher Milchernährung Störungen unausbleiblich sind. Gilt es im Laboratorium blutarme Tiere zu erzeugen, dann nimmt man Säuglinge, die eben die Stillungszeit hinter sich haben und füttert sie mit Milch weiter. Schon nach kurzer Zeit zeigen sich die Folgen. Das Blut verarmt an Hämoglobin! Die gleichen Erscheinungen sieht man beim Säugling, wenn die ausschließliche Ernährung mit Milch zu lange fortgesetzt wird.

Man muß sich darüber klar sein, daß die Verabreichung von Gemüse usw. an die Einrich-

tungen des Verdauungskanales ganz neue Aufgaben stellt. Auf einmal kommen ganz neuartige Stoffe in den Magen-Darmkanal. Es entstehen zwar schließlich die gleichen Bausteine aus den zusammengesetzten, organischen Bestandteilen der Nahrung wie aus der Milch, es sind jedoch die Zwischenstufen andere. Auch treten die einzelnen Produkte in einem ganz anderen Mengenverhältnis auf. Es muß sich der Organismus in gewissem Sinne auf die neuartige Nahrung einstellen. Das geschieht am besten, indem wir zunächst für längere Zeit der Milch den Hauptanteil an der Nahrung lassen und nur wenig Beikost geben. Allmählich wird ihre Menge dann gesteigert, bis schließlich die Milch mehr und mehr an Menge zurücktritt. Diese übernimmt dann für mehrere Jahre die Rolle einer sehr wertvollen Beinahrung zur übrigen gemischten Kost.

Dem wachsenden Individuum zeigt sich der hohe Bedarf an Nahrungsstoffen meistens sehr energisch durch das Hungergefühl an. Das gesunde Kind verlangt stürmisch zu essen! Nicht nur das Wachstum erfordert viele Stoffe, sondern es ist auch der Verbrauch zur Bildung von Energie ein recht erheblicher. Der Tätigkeitsdrang ist groß! Das gesunde Kind kann nicht still sitzen! Es springt und strengt seine Muskeln an! Auch muß es seinen Wärmehaushalt im Gleichgewicht halten!

Antwort auf einige praktische Fragen.

Im Anschluß an die gegebene Darstellung der Grundlagen der Ernährung und des Stoffwechsels seien einige praktische Fragen erörtert.

1. Ist es möglich, die Nahrung so zu rationieren, daß eine gerechte Verteilung der Nahrungsmittel zustande kommt?

Die Erfahrung hat zur Genüge gezeigt, daß eine gerechte Verteilung der Nahrungsmittel unmöglich ist. Es ergibt sich dies auch ohne diese aus der einfachen Anwendung der im Vorstehenden gegebenen Darstellung der Grundlagen der Ernährung und des Stoffwechsels. Die Rationierung ist auf den Kopf zugeschnitten worden. Berücksichtigt worden sind einige wenige besondere Fälle. Die Kinder erhielten besondere Nahrungsmittel, wie z. B. Milch. Ferner hat man schwangeren Frauen und Wöchnerinnen Zulagen zuerkannt und endlich vor allem den Schwer- und sogenannten Schwerstarbeitern. Endlich hat man, soweit es möglich war, die Kranken besonders berücksichtigt. Die große Masse der Erwachsenen erhielt gleichmäßig eine bestimmte Nahrungsmenge zugeteilt. Es ist klar,

daß jedes Individuum je nach seinem Körpergewicht, seinen Leistungen und seinen individuellen Veranlagungen einen besonderen Nahrungsbedarf hat. Wir wissen, daß wir die Ernährung eines Menschen oder eines Tieres im Laboratorium sorgfältig leiten und ausprobieren müssen. Wir müssen durch Vorversuche feststellen, wo das relative oder absolute Stickstoffminimum liegt. Könnte man für jede einzelne Tierart und für jede Fragestellung eine Normalkost aufstellen, dann wären die Stoffwechselversuche außerordentlich viel einfacher in der Durchführung. Angehörige zahlreicher Berufe, die ohne weiteres als Leichtarbeiter in Rechnung gesetzt worden sind, haben in Wirklichkeit zum Teil bedeutend mehr Arbeit zu leisten gehabt als manche der sogenannten Schwerstarbeiter. Eine gerechte Rationierung müßte sich auf genaue Untersuchungen des Nahrungsbedarfs jedes einzelnen Individuums gründen. Eine solche „Eichung" der einzelnen Personen ist praktisch natürlich undurchführbar. Dazu kommt, daß das einzelne Individuum bald viel Arbeit zu leisten hat, bald wenig Auch es stellt eben keine Konstante dar.

Eine sehr wesentliche Rolle spielt bei der Ernährung auch die Abwechselung in der Nahrung. Dem einen schmeckt diese Nahrung besser, dem anderen eine andere. Die unzweifelhaft vorhanden gewesene Einseitigkeit der Nahrung und ihre Knappheit hat sehr bald dazu geführt, daß immer weitere Kreise der Bevölkerung sich Nahrungsmittel auf dem Wege des

Schleichhandels besorgt haben. Man kann infolgedessen den Einfluß der rationierten Nahrung auf die Volksgesundheit nicht in seinem vollen Ausmaße einwandfrei studieren.

Von allergrößter Bedeutung wird bei jeder Rationierung die Freilassung eines besonders wichtigen Nahrungsmittels sein. Man muß die Möglichkeit eines Ausgleichs offen lassen. In Deutschland wäre die vollständige Freigabe der Kartoffel in Frage gekommen. In diesem Falle hätte jede einzelne Person von diesem wichtigen Nahrungsmittel sich neben der rationierten Nahrung so viel zulegen können, als Bedarf vorlag.

Die Verteilung der Nahrungsmittel von einer Sammelstelle aus hat auch noch den gewaltigen Nachteil, daß große Mengen davon zugrunde gehen. Gerade diese Erfahrung ist für die Zukunft von der allergrößten Bedeutung. Während im freien Handel der Nahrungsmittelhändler gezwungen ist, die von ihm zum Verkauf erworbenen Nahrungsmittel mit allergrößter Sorgfalt zu behandeln, entfällt dieses persönliche Verantwortungsgefühl sofort, wenn die Nahrungsmittel-Aufbewahrung und -Verteilung an Leute übertragen wird, die kein persönliches Interesse an ihrer Erhaltung haben.

Vom Standpunkt der Erfahrungen der Ernährungslehre aus ist anzustreben, daß die Rationierung der Nahrungsmittel, sobald es angeht, aufgehoben wird. Vor allen Dingen ist es wünschenswert, daß möglichst bald mindestens ein in

genügender Menge zur Verfügung stehendes Nahrungsmittel zum Ausgleich der verschiedenen Bedürfnisse freigegeben wird.

2. Wann ist im Interesse der Ernährung des Menschen die Aufzucht von Tieren als eine rationelle zu bezeichnen?

Das Tier kann in Zeiten des Nahrungsmangels schwerwiegender Konkurrent des Menschen werden. Wir können ganz genau zum Ausdruck bringen, wann die Tierhaltung für die menschliche Ernährung von Nutzen und wann dies nicht der Fall ist. Nimmt ein Tier Nahrungsmittel auf, die wir selbst unzureichend oder gar nicht ausnutzen können, dann erhalten wir ihren Inhalt in einer für uns geeigneten Form durch es zurück. Der Pflanzenfresser verwandelt viele uns unzugängliche Nahrungsmittel, wie Gras, Heu usw., in Fleisch und Fett. Muß dagegen ein Tier in der Hauptsache mittelst Nahrungsmittel aufgezogen werden, die wir selber gut ausnutzen können, dann findet eine Verschwendung an diesen statt. Das betreffende Tier gibt uns von der aufgenommenen Nahrung nur einen geringen Teil wieder zurück. Es verbraucht von den verzehrten organischen Nahrungsstoffen einen großen Teil zur Aufrechterhaltung der Körperwärme und zur Leistung von Arbeit. Wir erhalten nur zurück, was es als Körpersubstanz angesetzt hat. In Zeiten von Nahrungsmittelmangel ist es geboten, jede Tierhaltung zu bekämpfen, bei der für uns wichtige Nahrungsmittel

in wesentlicher Menge zur Verwendung kommen. Dagegen muß jede Tierhaltung unterstützt werden, bei der es zur Umwandlung von für uns nicht verwertbaren Nahrungsmitteln in eine für uns verwendbare Form kommt.

Von diesen Gesichtspunkten aus wäre es viel richtiger gewesen, die Kleie, die wir nur sehr mangelhaft ausnutzen können, zur Mast von Schweinen und vor allem zur Fütterung von Geflügel zu verwenden. Infolge Mangel an Kleie zu Futterzwecken stellten die Hühner das Eierlegen ein!

Mit allen Mitteln muß auch verhindert werden, daß brauchbare Nahrungsmittel, wie Gerste und Kartoffeln, zur Herstellung alkoholischer Getränke verwendet werden, vor allem, so lange Mangel an solchen besteht. Die Umwandlung von Zucker in Alkohol bedeutet in jedem Falle einen Verlust an Energie und an brauchbarem Material. Wir füttern Hefezellen damit.

3. Wie kann die Ernährung des Volkes verbessert werden?

In erster Linie muß angestrebt werden, daß der Unterricht der Mädchen in Haushaltungskunde und Kochkunst ausgebaut wird. Mit der Erteilung des Unterrichts im Kochen muß Hand in Hand eine Aufklärung über die Grundlagen der Ernährung gehen. Die Kochkunst ist imstande, weniger gut ausnutzbare Nahrungsmittel in in unserem Körper

verwertbare umzuwandeln. Vor allen Dingen kann durch sie Abwechslung in die Mahlzeiten gebracht werden, und zwar auch dann, wenn nur eine beschränkte Anzahl von Nahrungsmitteln zur Verfügung steht. Wir haben Seite 67 ff. erfahren, daß die Abgabe der Verdauungssäfte ganz wesentlich von der Lust, Nahrung aufzunehmen, beeinflußt wird. Der Appetit spielt in unserer Ernährung eine bedeutsame Rolle. Die Anwendung von allerhand Reizmitteln, von Gewürzen, Fleischextrakt usw. hat die Bedeutung, uns die Nahrung möglichst angenehm zu machen. Geschmack- und Geruchsinn werden angeregt. Darüber hinaus sind wir bestrebt, auch das Auge zu befriedigen, indem wir die Tafel schmücken und auch der Zurichtung der einzelnen Gerichte große Aufmerksamkeit schenken. Alle diese Anregungen sind ganz besonders bei denjenigen Berufen notwendig, bei denen die körperliche Arbeit keine große ist. Während derjenige, der schwere körperliche Arbeit leistet, durch das Hungergefühl zur Aufnahme von Nahrung angeregt wird, fehlt dieses bei jenen Personen, die eine sitzende Lebensweise haben, sehr oft vollständig. Wird dann die Nahrung mangelhaft zubereitet und in unschöner Form geboten, dann stellt sich bald Appetitlosigkeit mit allen weiteren Folgen ein.

Die Arbeitgeber müßten viel mehr, als es bisher der Fall war, sich für die Ernährungsverhältnisse ihrer Arbeiter und Arbeiterinnen interessieren. Sollte in weitgehendem Maße die sogenannte englische Arbeitszeit

eingeführt werden, dann ist dringend zu wünschen, daß eine kleine Zwischenmahlzeit verabreicht wird. Diese soll nicht in unzulänglicher Form zugeführt werden, vielmehr ist dafür zu sorgen, daß wohnliche Speisezimmer zur Verfügung gestellt werden, und die Speisen gut zubereitet sind. Eine zweckmäßige und gute Ernährung ist nicht nur für das einzelne Individuum von allergrößter Bedeutung, sondern weit darüber hinaus für die Gesamtheit. Gut ernährte Personen sind widerstandsfähiger gegen Krankheiten aller Art. Sie besitzen Reserven und können im Falle der Not etwas zusetzen. Sie sind auch leistungsfähiger. Wenn man die Ernährungsverhältnisse in Arbeiterfamilien untersucht, dann findet man sehr häufig, daß mit weniger Geld bedeutend mehr Nahrung dem Körper hätte zugeführt werden können. Vor allem ist man häufig über die Unsauberkeit und mangelhafte Zubereitung der Speisen erstaunt. In dieser Hinsicht muß noch außerordentlich viel geschehen.

Erwähnen möchte ich noch, daß die bessere Ausbildung der Mädchen in der Kochkunst für die Gründung einer Familie von fundamentalster Bedeutung ist. Die Lockerung der Familienbande, wie sie jetzt häufig in Erscheinung tritt, ist vielfach mit darauf zurückzuführen, daß die jungen Frauen für die Führung eines eigenen Heims ganz unzureichend oder auch gar nicht vorbereitet sind. Darunter leidet nicht nur der Mann, der häufig dem Alkohol in die Arme getrieben wird, sondern vor allem werden auch die Kinder

benachteiligt. Aus diesen Bemerkungen geht ohne weiteres hervor, daß der Staat das größte Interesse daran hat, die praktische Ausbildung der Mädchen in ihrem Hauptberufe so energisch als nur möglich zu unterstützen.

Damit auch diejenigen, die einen Beruf haben, der wenig körperliche Anstrengung bietet, ihren Körper harmonisch ausbilden können, ist es von größter Bedeutung, daß das Kleinsiedlungswesen ausgebaut wird. Da, wo das im Augenblick nicht möglich ist, muß alles getan werden, damit möglichst jeder Städter ein Stückchen Land zur Bearbeitung erhält. Die Arbeit im Freien ist in vieler Hinsicht für unseren Körper außerordentlich wertvoll. Jedermann weiß, daß man die Muskeln durch Übung ausbilden kann. Wir sprechen von Trainieren. Genau ebenso müssen wir die Funktionen unserer Haut leistungsfähig erhalten. Wie wir S. 137ff. gesehen haben, reguliert unser Körper seine Temperatur in außerordentlich feiner Weise. Dazu ist notwendig, daß er alle Einrichtungen, die dazu notwendig sind, vollkommen beherrscht. Die Blutgefäße müssen sich erweitern und verengern können, und die Schweißdrüsen müssen im richtigen Moment und in ausreichender Weise ansprechen, wenn ihre Funktion erforderlich ist. Die Tätigkeit der Haut wird nun beim Aufenthalt im Freien vielfach angeregt, und zwar besonders dann, wenn Muskelarbeit geleistet wird. Die Zahl derer, bei denen die Haut ihre Funktion nicht mehr erfüllt, ist außerordentlich groß. Wir treffen auf Individuen, die

beständig über kalte Füße klagen, die bei der geringsten Abkühlung am ganzen Körper frieren, und sehr oft sind das dieselben Leute, die auch schon geringe Hitzegrade schlecht ertragen. Wir haben bei diesen Personen ohne Zweifel eine mangelhafte Funktion jener Apparate, die im Wärmehaushalt eine so große Rolle spielen, vor uns.

Sachregister.

Äpfel, Energieinhalt 121.
Allesfresser 63.
Aminoaethylalkohol 27.
Aminosäuren 28.
Anatomie 4 ff
Appetitsaft 70.
Arbeit, Energiebedarf 128.
Arbeitsleistung 96.
Arbeitsleistung, Berechnung des Energiebedarfes 128 ff.
Arterien 7.
Auge 11.
Ausnutzung der Nahrung 99, 113.
Ausnutzungsversuche 114.
Autolyse 44.

Bakterien, Bedeutung 46.
Bauchspeicheldrüse, Bedeutung für Kohlehydratstoffwechsel 74.
Beri-Beri 36.
Birnen, Energieinhalt 121.
Bisaccharide 15.
Blattfarbstoff 41.
Blättermagen 65.
Blumenkohl, Energieinhalt 121.
Blut 6.
Blutfarbstoff 30.
Bohnen, Energieinhalt 121.
Brieschen 12.
Brot, Ausnutzung 116.
Butter, Energieinhalt 120.

Carnivore 63.
Champignon, Energieinhalt 121.
Chlor 34.
Cholesterin 26.
Cholin 27.
Chymus 60.

Darmflora 67.
Darmsaft 54.
—, Sekretion des 71.
Dextrine 18.
Dialyse 23.
Dipeptide 28.
Disaccharide 15.
Drüsen 5.
Drucksinn 10.

Erbsen, Energieinhalt 121.
Erdbeeren, Energieinhalt 121.
Erhaltung der Art 57.
Eisen 34.
Eiweißbedarf 100.
Eiweißstoffe 27.
—, zusammengesetzte 30.
Emulsion 24.
Energie 42.
Energiebedarf 126.
Energieinhalt, Berechnung 98.
— der organischen Nahrungsstoffe 83.
— einiger Nahrungsmittel 120, 121.

Energieinhalt von Nahrungsmitteln, Berechnung 118 ff.
Energiewechsel 95.
Energiewert der Nahrung, Berechnung 134.
Ernährung des Volkes, Frage der Verbesserung 157.
Exkret 9.

Fermente 20.
Fette 24.
Fettsäuren 25.
Fleischfresser 63.
Fluor 34.
Fruchtzucker 15.

Gallensäuren 101.
Gallensekretion 71.
Gallensteine 26.
Gans, Energieinhalt 120.
Gasstoffwechsel 90 ff.
Gebiß 63.
Gedankenarbeit 130.
Gehirnanhang 12.
Gemüsepulver 117.
Geschlechtsapparat 9.
Geschlechtsdrüsen, Bedeutung 79.
Geschmacksinn 11.
Gesetz der Erhaltung der Energie 2.
Gesetz der Erhaltung des Stoffes 2.
Glukoside 24.
Glykogen 15, 17, 73.
Glyzerin 25.
Guano 49.
Gurken, Energieinhalt 121.

Hämatin 30.
Hämochromogen 30.
Hämolyse 58.
Hammelfleisch, Energieinhalt 120.
Hasenfleisch, Energieinhalt 120.
Harn 9.
Harnsäure 30.
Harnstoff 46.
Haut 10.
—, Funktionen 160.
—, ihre Trainierung 160.
Herbivore 63.
Herkunft der Nahrungsstoffe 40.
Herz 7.
Herzarbeit 131.
Hühnereier, Energieinhalt 120.
Huhn, Energieinhalt 120.
Hydrolyse 15.

Inkrete 12, 76.

Jod 34.
Jonen 33.

Käse Energieinhalt 120.
Kalbfleisch, Energieinhalt 120.
Kalium 34.
Kalorie 83.
Kalzium 34.
Kaninchenfleisch, Energieinhalt 120.
Karpfen, Energieinhalt 120.
Kartoffeln, Energieinhalt 121.
Katalysatoren 20.
Kauakt 54.
—, Bedeutung für Ausnutzung der Nahrung 117.
Kaulquappen, Versuche mit 80.
Kernstoffe 30.
Kirschen, Energieinhalt 121.
Kleinlebewesen, Bedeutung 46.
Kleinsiedelungswesen 160.
Körpertemperatur 95.
Körpertemperatur, Regulierung 137 ff.
Kochen, Bedeutung für Aus-nutzung der Pflanzennahrung 117.

Kochsalzfrage 143 ff.
Kohle als Stickstoffquelle 49.
Kohlehydrate 14 ff.
Kohlensäure 7, 8, 40 ff.
Kohlrabi, Energieinhalt 121.
Kolloide 23.
Kombinationsmöglichkeiten 29.
Kopfsalat, Energieinhalt 121.
Kost, frei gewählte 87.
— —, Energieinhalt 138 ff.
Kreislauf der Stoffe 44.
Kreislaufapparat 7.
Kröpfe der Vögel 65.
Kuhmilch, Energieinhalt 120.

Labmagen 65.
Leber 5.
— als Kontrollorgan 61.
Linsen, Energieinhalt 121.
Lithium 34.
Lunge 7.
Lymphe 6.
Lymphknoten 6.

Magen, Formen des — bei verschiedenen Tierarten 64.
Magendrüsen 69.
Magenentleerung 60.
Magenfistel 70.
Magensaft 54.
—, Sekretion des 69.
Magnesium 34.
Malzzucker 15, 16.
Mangan 34.
Menschenmilch, Energieinhalt 120.
Methoden zur quantitativen Stoffwechseluntersuchung 86ff.
Mikroorganismen 58.
Milch 53.
—, Energieinhalt 120.
Milchdrüse 148.
Milchzucker 15, 16.
Milz 6.
Mineralstoffe 34.
—, Frage der besonderen Zufuhr 142 ff.
—, Stoffwechsel 94.
Möhren, Energieinhalt 121.
Muskelarbeit, Quelle der 93.
Muskelgewebe 4.
Muskelmagen 65.
Muskelmaschine 128.

Nahrungsmittel 14.
—, Zusammensetzung und Energieinhalt einiger 120, 121.
Nahrungsmitteleinheit, Milch 137.
Nahrungsstoffe, Ersetzbarkeit 140.
—, Herkunft 40.
—, ihre Verwendung 72 ff.
—, künstliche Darstellung 59.
—, notwendige Mengen 85 ff.
—, organische 14.
—, anorganische 30.
—, unbekannter Art 35.
Natrium 34.
Nebennieren 12.
Nebenschilddrüsen 11.
—, Bedeutung 79.
Nerv 137.
Nervengewebe 9.
Netzhaut 11.
Netzmagen 65.
Nichtkolloide 23.
Nieren 9.
Nukleinsäuren 30.
Nukleoproteide 30.
Nutramine 39.

Öle 24.
Ohr 11.
Omnivore 63.

Pankreas, Bedeutung für Kohlehydratstoffwechsel 74.
Pankreassaft 54.
—, Sekretion des 71.
Peptone 28.
Pferdefleisch, Energieinhalt 120.
Pflanze als Hersteller organischer Substanz 40 ff.
Pflanzenfresser 63.
Pflanzenkost, Ausnutzung 114 ff.
Phosphatide 27.
Phosphorsäure 34.
Polypeptide 28.
Präzipitinbildung 58.
Praktische Fragen, Antwort auf 153 ff.
Proteine 27.
—, zusammengesetzte 30.
Protoplasma 1.
Purinbasen 30.
Pyrimidinbasen 30.

Quotient, respiratorischer 93.

Rationierung der Nahrung 153.
Reis, Energieinhalt 121.
Respiratorischer Quotient 93.
Rettig, Energieinhalt 121.
Riechfeld 11.
Rindfleisch, Energieinhalt 120.
Roggenbrot, Energieinhalt 121.
Roggenmehl, Energieinhalt 121.
Rohrzucker 15.
—, Energieinhalt 121.
Rotkraut, Energieinhalt 121.

Saccharide 15.
Salpeter 49.
Salze, Frage der besonderen Zufuhr 142 ff.
Salzsäure des Magensaftes 60.
Sauerstoff 7, 8, 30 ff., 40 ff.
Schichtung der Speise im Magen 66.
Schilddrüse 11.
—, Bedeutung 77, 81.
Schlagadern 7.
Schmerzsinn 11.
Schnittbohnen, Energieinhalt 121.
Schock 58.
Schwefelsäure 34.
Schweinefleisch, Energieinhalt 120.
Sehnen 4.
Seifen 26.
Sekrete 5.
Sekretion der Verdauungssäfte unter verschiedenen Einflüssen 67.
Sinnesorgane 10.
Skelett 4.
Skorbut 36.
Sonnenlicht 41.
Spargel, Energieinhalt 121.
Speck, Energieinhalt 120.
Speichel 54.
—, Sekretion des 68.
Speisebrei 60.
Spinat, Energieinhalt 121.
Stärke 15, 16.
Sterine 26.
Stickstoff, Kreislauf 44.
Stickstoffbilanz 89, 102.
Stickstoffgewinnung aus der Luft 50.
Stickstoffminimum, absolutes 106.
—, relatives 106.
Stillen, Bedeutung 150.
Stillzeit 151.
Stoffwechsel bei wachsendem Organismus 146 ff.
Stoffwechselbilanz 87.

Stoffwechselgleichgewicht 87.
Stoffwechseluntersuchung, quantitative 86 ff.
Suprarenin 101.

Tastkörperchen 10.
Tastsinn 10.
Thymusdrüse 11.
—, Bedeutung 78, 81.
Tierhaltung 156.
Traubenzucker 15.
Tripeptide 29.

Venen 7.
Verdauung 50 ff.
—, Bedeutung 55 ff.
Verdauungsapparat 4.
Verdauungssäfte 67.
—, Sekretion der 67.
Vormagen 65.

Wärmeeinheit 83.
Wärmeäquivalent der Arbeit 84.
Wärmeregulation 137 ff.
Wachsender Organismus, Stoffwechsel 146.
Wachstum 52.
Wasser 32.
Wasserstoffwechsel 90, 94.
Wechselbeziehungen zwischen den Organen 76 ff.
Weizenbrot, Energieinhalt 121.
Weizengraupen, Energieinhalt 121.
Weizenmehl, Energieinhalt 121.
Wiederkäuermägen 65.
Wirsingkohl, Energieinhalt 121.

Zellobiose 19.
Zellulose 15, 16, 17, 23.
—, Verdauung der 62.
Zelluloseausnutzung 115.
Ziegenmilch, Energieinhalt 120.
Zotten des Darmes 61.
Zuckerharnruhr 75.
Zwölffingerdarm 60.

Druck von Oscar Brandstetter in Leipzig.

WELLCOME LIBRARY INSTITUTE

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Abwehrfermente. Das Auftreten blutfremder Substrate und Fermente im tierischen Organismus unter experimentellen, physiologischen und pathologischen Bedingungen. Von Prof. Dr. **Emil Abderhalden,** o. ö. Professor der Physiologie an der Universität Halle a. S. Vierte, bedeutend erweiterte Auflage. Mit 55 Textfiguren und 4 Tafeln. 1914. Gebunden Preis M. 12,—.

Physiologisches Praktikum. Chemische und physikalische Methoden. Von Professor Dr. **Emil Abderhalden,** Direktor des Physiologischen Instituts der Universität zu Halle a. S. Mit 271 Figuren im Text. 1912. Preis M. 10,—; geb. M. 10,80.

Neuere Anschauungen über den Bau und den Stoffwechsel der Zelle. Von Prof. Dr. **Emil Abderhalden.** Vortrag, gehalten auf der 94. Jahresversammlung der Schweizer. Naturforschend. Gesellschaft in Solothurn, 2. August 1911. Zweite Auflage. 1916. Preis M. 1,—.

Synthese der Zellbausteine in Pflanze und Tier. Lösung des Problems der künstlichen Darstellung der Nahrungsstoffe. Von Prof. Dr. **Emil Abderhalden,** Direktor des Physiologischen Instituts der Universität zu Halle a. S. 1912. Preis M. 3,60; gebunden M. 4,40.

Biochemisches Handlexikon. Bearbeitet von hervorragenden Fachgelehrten. Herausgegeben von Prof. Dr. **Emil Abderhalden,** Direktor des Physiologischen Instituts der Universität Halle a. S. In neun Bänden:

I. Band, 1. Hälfte, 1911. Preis M. 44,—; geb. M. 46,50.
I. Band, 2. Hälfte, 1911. Preis M. 48,—; geb. M. 50,50.
II. Band, 1911. Preis M. 44,—; geb. M. 46,50.
III. Band, 1911. Preis M. 20,—; geb. M. 22,50.
IV. Band, 1. Hälfte, 1910. Preis M. 14,—.
IV. Band, 2. Hlft., 1911. Preis M. 54,—; m. d. 1. Hlft. zus. geb. M. 71,—.
V. Band, 1911. Preis M. 38,—; geb. M. 40,50.
VI. Band, 1911. Preis M. 22,—; geb. M. 24.50.
VII. Band, 1. Hälfte, 1910. Preis M. 22,—.
VII. Band, 2. Hlft., 1912. Preis M. 18,—; m. d. 1. Hlft. zus. geb. M. 43,—.
VIII. Band (1. Ergänzungsbd.), 1914. Preis M. 34,—; geb. M. 36,50.
IX. Band (2. Ergänzungsbd.), 1915. Preis M. 28,—; geb. M. 30,50,

Ausführliche Prospekte mit Probeseiten auf Wunsch kostenlos zur Verfügung!

Lehrbuch der Physiologie des Menschen. Von Prof. Dr. **R. Höber,** Direktor des Physiologischen Instituts an der Universität Kiel. Mit etwa 240 Abbildungen. Unter der Presse.

Hierzu Teuerungszuschläge.

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

System der Ernährung. Von Dr. **Clemens Freiherr von Pirquet,** o. ö. Professor für Kinderheilkunde und Vorstand der Universitäts-Kinderklinik in Wien.
Erster Teil: Mit 3 Tafeln u. 17 Abbildungen. 1917. Preis M. 8,—.
Zweiter Teil: Mit Beiträgen von Prof. Dr. **B. Schick,** Dr. **E. Nobel** und Dr. **F. von Groer.** Mit 48 Abbildungen. Unter der Presse.
Dritter Teil: Die Nemküche. Mit Beiträgen von Frau **Rosa von Miari,** Schwester **Johanna Dittrich** und Schwester **Paula Panzer.** Unter der Presse.

Das v. Pirquetsche System der Ernährung. Von Prof. Dr. **B. Schick,** Wien. Mit 3 Textabbildungen. 1919. Preis M. 2,—.

Ernährungstafeln nach Dr. **Clemens Frhr. v. Pirquet,** o. Prof. der Kinderheilkunde an der Universität Wien. 1917.
Tafel I. Ernährung des Menschen. Aufgezogen. Preis M. 2,40.
Tafel II. Einkauf von Nahrungsbrennstoff. 1 Block = 50 Stück. Preis M. 10,—. Tafel III. Einkauf von Nahrungseiweiß. 1 Block = 50 Stück. Preis M. 8,—.

Physiologische Anleitung zu einer zweckmäßigen Ernährung. Von Dr. **Paul Jensen,** o. ö. Professor der Physiologie und Direktor des physiologischen Instituts der Universität Göttingen. Mit 9 Textabbildungen. 1918. Preis M. 2,80.

Diätetik der Stoffwechselkrankheiten. Von Dr. **Wilhelm Croner.** 1913. Preis M. 2,80; gebunden M. 3,40.

Nährwerttafel. Gehalt der Nahrungsmittel an ausnutzbaren Nährstoffen, ihr Kalorienwert und Nährgeldwert, sowie der Nährstoffbedarf des Menschen. Graphisch dargestellt von Geh. Reg.-Rat Dr. **J. König,** ord. Prof. an der Westfälischen Wilhelms-Universität in Münster i. W. Eine Tafel in Farbendruck nebst erläuterndem Text, in Umschlag. Elfte, verbesserte Auflage. Dritter Abdruck. 1918. Preis M. 2,40.

Die Bedeutung der Getreidemehle für die Ernährung. Von Dr. **Max Klotz,** Arzt am Kinderheim Lewenberg und Spezialarzt für Kinderkrankheiten in Schwerin. Mit 3 Abbildungen. 1912. Preis M. 4,80.

Hierzu Teuerungszuschläge.

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Abwehrfermente. Das Auftreten blutfremder Substrate und Fermente im tierischen Organismus unter experimentellen, physiologischen und pathologischen Bedingungen. Von Prof. Dr. **Emil Abderhalden,** o. ö. Professor der Physiologie an der Universität Halle a. S. Vierte, bedeutend erweiterte Auflage. Mit 55 Textfiguren und 4 Tafeln. 1914. Gebunden Preis M. 12,—.

Physiologisches Praktikum. Chemische und physikalische Methoden. Von Professor Dr. **Emil Abderhalden,** Direktor des Physiologischen Instituts der Universität zu Halle a. S. Mit 271 Figuren im Text. 1912. Preis M. 10,—; geb. M. 10,80.

Neuere Anschauungen über den Bau und den Stoffwechsel der Zelle. Von Prof. Dr. **Emil Abderhalden.** Vortrag, gehalten auf der 94. Jahresversammlung der Schweizer. Naturforschend. Gesellschaft in Solothurn, 2. August 1911. Zweite Auflage. 1916. Preis M. 1,—.

Synthese der Zellbausteine in Pflanze und Tier. Lösung des Problems der künstlichen Darstellung der Nahrungsstoffe. Von Prof. Dr. **Emil Abderhalden,** Direktor des Physiologischen Instituts der Universität zu Halle a. S. 1912. Preis M. 3,60; gebunden M. 4,40.

Biochemisches Handlexikon. Bearbeitet von hervorragenden Fachgelehrten. Herausgegeben von Prof. Dr. **Emil Abderhalden,** Direktor des Physiologischen Instituts der Universität Halle a. S. In neun Bänden:

I. Band, 1. Hälfte, 1911. Preis M. 44,—; geb. M. 46,50.
I. Band, 2. Hälfte, 1911. Preis M. 48,—; geb. M. 50,50.
II. Band, 1911. Preis M. 44,—; geb. M. 46,50.
III. Band, 1911. Preis M. 20,—; geb. M. 22,50.
IV. Band, 1. Hälfte, 1910. Preis M. 14,—.
IV. Band, 2. Hlft., 1911. Preis M. 54,—; m. d. 1. Hlft. zus. geb. M. 71,—.
V. Band, 1911. Preis M. 38,—; geb. M. 40,50.
VI. Band, 1911. Preis M. 22,—; geb. M. 24.50.
VII. Band, 1. Hälfte, 1910. Preis M. 22,—.
VII. Band, 2. Hlft., 1912. Preis M. 18,—; m. d. 1. Hlft. zus. geb. M. 43,—.
VIII. Band (1. Ergänzungsbd.), 1914. Preis M. 34,—; geb. M. 36,50.
IX. Band (2. Ergänzungsbd.), 1915. Preis M. 28,—; geb. M. 30,50.

Ausführliche Prospekte mit Probeseiten auf Wunsch kostenlos zur Verfügung!

Lehrbuch der Physiologie des Menschen. Von Prof. Dr. **R. Höber,** Direktor des Physiologischen Instituts an der Universität Kiel. Mit etwa 240 Abbildungen. Unter der Presse.

Hierzu Teuerungszuschläge.

Druck von Oscar Brandstetter in Leipzig.